

12.Uluslararası DİCLE

Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi

15-16 AĞUSTOS 2026
DİYARBAKIR

EDİTÖRLER;
Prof. Dr. Celestina FAZIA
Prof.Dr. Metin KOPAR



ISARC Academy

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

INTERNATIONAL **DİCLE** SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-XII

August 15-16, 2026 DİYARBAKIR, TÜRKİYE

PROCEEDINGS BOOK

EDITOR

Prof. Dr. Celestina FAZIA

Prof.Dr. Metin KOPAR

by

IKSAD PUBLISHING HOUSE®

←—————→
All rights of this book belong IKSAD Publishing House
Authors are responsible both ethically and juridically
IKSAD Publications – 2026©

Issued: 27.08.2026

ISBN: 978-625-378-707-3

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

INTERNATIONAL DİCLE SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS-XII

DATE and PLACE

AUGUST 15-16 DİYARBAKIR / TÜRKİYE

PARTICIPATION

Keynote & Invited

PARTICIPANTS COUNTRY

Türkiye,

CONGRESS PRESIDENT

Prof.Dr. Metin KOPAR
Adıyaman University

GENERAL COORDINATOR

Melike KAYA
ISARC Academy,Türkiye

NUMBER of ACCEPTED PAPERS- (Türkiye- 40, Other Countries- 47)

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

ORGANIZING COMMITTEE:

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN

Prof. Dr. Sancar BULUT

Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN

Prof. Dr. Tolga ULUSOY

Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SİDİR

Assoc. Prof. Dr. Deniz KARATAŞ

Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU

Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK

Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARIŞ

Assoc. Prof. Dr. Seda BENİ

Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK

Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI

Assoc. Prof. Dr. Zamiğ TEHMEZOV

Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN

Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL

Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU

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.EMİNE NAS

Selçuk University

Prof. Dr. Jain SADHNA

University Of Delhi

Prof. Dr. Kübra KARAMAN

Yozgat Bozok University

Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN

Siirt University

Prof. Dr. Mehmet Şahin

Gaziantep University

Prof. Dr. Morakeng Edward

Kenneth LEBAKA University Of Zululand

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU

Cumhuriyet University

Prof. Dr. Manole COJOCARU

Titu Maiorescu University

Prof. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ

Osmaniye Korkut Ata University

Prof. Dr. Mustafa METE

Gaziantep University

Prof. Dr. Mustafa Onur ALADAĞ

Selçuk University

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN

Sivas Cumhuriyet University

Prof. Dr. Nurdan KALAYCI

Gazi University

Prof. Dr. Orhan ZEYBEK

Balıkesir University

Prof. Dr. Sancar BULUT

Kayseri University

Prof.Dr. Sedat İLHAN

Dicle University

Prof. Dr. Selahattin YAVUZ

Erzincan Binali Yıldırım University

Prof. Dr. Sevi ÖZ

Ankara Hacı Bayram Veli University

Prof. Dr. Seyfi ŞEVİK

Hitit University

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI

Atatürk University

Prof.Dr.Vehbi GÜNEŞ

Selçuk University

Prof.Dr. Yadiğar GÜLSEVEN SİDİR

Bitlis Eren University

Prof. Dr. Zharkynbike SULEIMENOVA

Kazakh National Women's Pedagogical University

Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK

Fırat University

Assoc. Prof. Dr.Ahmet AYDIN

Ege University

Assoc. Prof. Dr. Armel MBON

Marien Ngouabi University

Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ

Nuh Naci Yazgan University

Assoc. Prof. Dr. Azimbaeva GULBAYRA
Kazakh National Women's Pedagogical
University

Assoc. Prof. Dr. Betül GÜZELDİR

Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ

Karabük Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ

Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Gökhan UYANIK

Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Hasan TELLİ

Mersin University

Assoc. Prof. Dr. Murat TOPAL

Fırat University

Assoc. Prof. Dr. Oqtay QULİYEV

Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti

Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN

Batman University

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER

Gaziantep University

Assoc. Prof. Dr. Onur ÇOMAKLI

Erzurum Teknik University

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARIŞ

Dicle University

Assoc. Prof. Dr. Salman Bashir MEMON

Shah Abdul Latif University

Assoc. Prof. Dr. Sevcan YILDIZ

Harran University

Assoc. Prof. Dr. Seyhan Çankaya

Süleyman Demirel University

Assoc. Prof. Soufiane Ziani

Mohammed 1st University

Assoc. Prof. Dr. Syed Ali

Raza NAQVI Government College University
Faisalabad

Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT

Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Victoria POSTOLACHE

Alecu Russo Balti State University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz KÜÇÜK

Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEÇİM

Necmettin Erbakan University

Assoc. Prof. Dr. Zamiğ TEHMEZOV

Azərbaycan Dövlət Pedagoji Universiteti

Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL

Nahçıvan Dövlət Universiteti

Dr. Ali ARSHAD

University Utara

Dr. Aygün MEHERREMOVA

Bakü Devlet University

Dr. Bhavtosh AWASTHI

Jecrc University India

Dr. Chems Eddine BOUKHEDIMI

University of Tizi Ouzou

Dr.Duong To Quoc Thai

Dong Thap University

Dr.Huma Ikram

University Of Karachi

Dr.Melek ÖZ

Erciyes University

Meltem YANIK

Ordu University

Dr. Mine KIRKYOL

Artvin Çoruh University

Dr. Moses Adeolu AGOI

Lagos State University of Education

Dr. Muhammad IMRAN

Government College University

Dr.Muhammad Saleh FAISAL

Pmdc Registration

Dr. Müslüm ÖZTÜRK

Kilis 7 Aralık University

Dr. Nurhoca AKBULAYEV

Azerbaycan Devlet İktisat University

Dr. Rana BAYTİN ALACI

VAN YY University

Dr. Rida ZULFİQAR

University of Szeged

Dr. Taha Yasin ÖLMEZTOPRAK

Adıyaman University

Dr. Tatia DOLİDZE

European University

Dr. Yaşar SUBAŞI

Van Yüzüncü Yıl University

Dr. Yeşim BEDİR

Atatürk University



Scientific Development and Innovative Approach

INTERNATIONAL *DİCLE*
SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION
CONGRESS-XII
AUGUST 15-16, 2026 / Diyarbakır, Türkiye

Congress Program

Participant Countries: Türkiye,
Albania, Azerbaijan, Bangladesh, Brazil, Georgia, India, Italy, Japan, Nigeria,
Macedonia, Morocco, Serbia, South America, Ukraine,
United Kingdom, Romania, Pakistan, Vietnam

Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

ZOOM LINK:

<https://us06web.zoom.us/j/86318672791?pwd=WClvELe4arkwxRfnYz2NYndURirYvD.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 mikrofona 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**



16.08.2026/ Hall-1, Session-1



Ankara Local Time



10⁰⁰ : 11³⁰



Meeting ID: 863 1867 2791



Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Surgical Treatment Of Extraoral Fistula Caused By Odontogenic Infection: A Case Report	Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ	Sahinbey Oral and Dental Health Hospital
Treatment Of Recurrent Periapical Infection Following Apical Resection With Retreatment And Retrograde Mta Filling: A Case Report	Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ	Sahinbey Oral and Dental Health Hospital
2.5-Year Follow-Up Of Direct Pulp Capping In A Mandibular Third Molar: A Case Report	Uzm. Dt. Medine ÇİÇEK	Recep Tayyip Erdoğan University
Removal Of A Separated Endodontic Instrument From A Maxillary First Molar Using A Microscope-Assisted Ultrasonic Technique: A Case Report	Uzm. Dt. Medine ÇİÇEK	Recep Tayyip Erdoğan University
Inflammation Now The Key Target For Seborrheic Dermatitis	Major Gheorghe GIURGIU Prof . Dr.Manole COJOCARU	Deniplant-Aide Sante Medical Center/Titu Maiorescu University/ROMANIA
Postoperative Pain Following Different Surgical Approaches For Bilateral Gingival Recessions: A Case Report	Can Okan GÜL Kamile ERCIYAS Süleyman Ziya ŞENYURT	Gaziantep University

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



16.08.2026/ Hall-2, Session-1



Ankara Local Time

10⁰⁰ : 11⁰⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Dr. Hanife UÇAK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Investigating the Association Between Alzheimer's Disease and ABCA7 rs3764650 Genotypes in the Turkish Population	Res. Assist. .Recep ÇELİK Prof. Dr.Haklı TAŞTAN	Gazi University
Molecular Detection Of Pathogenic Free-Living Amoebae Threatening Human Health In In Environmental Samples	Altan AKINEDEN Fadime EROGLU	Aksaray University
Purification And Biochemical Characterization Of Catalase From Ocimum Basilicum L.: Influence Of Glucose Concentration On Enzyme Activity	Assist. Prof. Dr. Nuri GÜLEŞCİ Sinem YILDIRIM	Gümüşhane University
On The Entomofauna (Arthropoda, Insecta) Of Rheum Ribes (Polygonaceae) And Some New Host Records	Assist. Prof. Dr.Muhabbet KEMAL Dr. Hanife UÇAK Assist. Prof. Dr. Nilüfer ÇİRİĞ SELÇUK	Yüzüncü Yıl University /Centre for Entomological Studies Ankara

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



16.08.2026/ Hall-3, Session-1



Ankara Local Time

10⁰⁰ : 12¹⁵



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Wave Of Legal Systematization In The 11 Th Century: A Comparative Analysis Of Sarakhsî, Isaac Ben Jacop Alfasi, And Ivo Of Chartres	Assist. Prof. Dr. Yavuz GÖNAN	Gümüşhane University
The Limits Of Reason In The Qur'an	Assist. Prof. Dr.Tahir ALTUN	Kafkas University
The Ideal Ruler Model: Political And Administrative Leadership Of Prophets In Quranic Narratives	Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ	Gümüşhane University
Surah Al-Kahf And Time	Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ	Gümüşhane University
Political And Ideological Threat Perceptions In The Final Years Of The Single-Party Period: Anti-Regime Activities (1942-1949)	Assoc. Prof. Dr. Ferit YÜCEBAŞ	Van Yüzüncü Yıl University
"The Detailed Register of the Nakhchivan Province" – as a source in the study of Azerbaijani history	Assoc. Prof. Dr. Aynur HACIGEDIRLI MAHARRAM	AMIA M. Fuzuli Elyazmalar Enstitüsü/AZERBAIJAN
French As A Foreign Language Through AI-Enhanced Activities Teaching Everyday Language And Slang	Assist. Prof. Dr. Gizem KÖŞKER	Anadolu University
The Importance Of Learning Oral Traditional Professional Azerbaijan Music In Music Teacher Training	Qəribova Arifə Hacıbaba qızı	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji University /AZERBAIJAN
Embodiment Of Mugam Art In The Symphonic Creativity Of Azerbaijan Composers	Qəribova Arifə Hacıbaba qızı	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji University /AZERBAIJAN

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



16.08.2026/ Hall-4, Session-2



Ankara Local Time

10³⁰ : 12⁰⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Halil ÖZERLİ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Sensory Evaluation Of Milk-Based Salep Beverages Produced Using Different Modified Starches As Alternatives To Salep	Assist. Prof. Dr. Kurban YAŞAR	Osmaniye Korkut Ata University
Effect Of Gravity Drainage On Tight Matrix Carbonate Reservoir With Low Quality Natural Fractures On Carbon-Dioxide Injection: A Case Study	M. Sc. Murat Can ÜLKER Assist. Prof. Dr. Mehmet Onur DOĞAN	Middle East Technical University
Investigation Of The Capacity-Voltage (C-V) And Conductance- Voltage (G/ω-V) Characteristics Of The Al/Methylene Blue/P-Si Structure At Low Frequencies	Assist. Prof. Dr. Halil ÖZERLİ	Osmaniye Korkut Ata University
Investigation Of The Light Intensity-Dependent Series Resistances Of Al/Ptcd/P-Si Semiconductor Structures	Assist. Prof. Dr. Halil ÖZERLİ Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ	Osmaniye Korkut Ata University/Kahramanmaraş Sütçü İmam University
a Triazole-Based Schiff Base for Cu(II) Coordination: Synthesis And Spectroscopic Insights	Lect. Dr. Muhammet ÇELİK	Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Synthesis, Spectroscopic Characterization, And Dna-Binding Studies of a NOVEL 1,2,3-Triazole-Based Schiff Base Zn(II) Complex	Lect Dr. Muhammet ÇELİK	Kahramanmaraş Sütçü İmam University

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



16.08.2026/ Hall-5, Session-2



Ankara Local Time

10³⁰ : 12³⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Mehmet DİNÇ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Current Measurement Technologies In Evaluating Coffee Quality	Lect. Merve RIZVANOĞLU Assoc. Prof.,Dr. Hatice PEKMEZ	Hatay Mustafa Kemal University /Gaziantep University
An Examination Of The Social Comparison Tendencies Of Social Media Users	Sevgi TULUPCU Prof. Dr. Bozkurt KOÇ	Ondokuz Mayıs University
Interaction Of Work Readiness, The Digitalization Of The Profession And Digital Competencies: A Research Study On Future Applied Science Professionals	Hasan KÜÇÜK Sıla BAYSAN Melis SARI Assoc. Prof. Dr. Mehmet DİNÇ	Isparta University of Applied Sciences
Would Households In Sana'acontinue Using Solar Energy If Public-Grid Electricity Were Restored? An Extended Theory Of Planned Behavior Study	Daif Allah Alkhadhmi	Ankara Yıldırım Beyazıt University
Approaches to Agricultural Chemicalization: A Comparative Assessment of Mainstream and Critical Literature	Res. Assist. Dr. Burhan ÖZALP	Çukurova University
Effects Of Shearing On The Fattening Performance And Carcass Characteristics Of Angora Goat Kids	Senior Agric. Eng. Amine Kübra GÜNGÖR Prof. Dr. Uğur ZÜLKADİR	Selçuk University
Quiet Quitting Among Nurses: A Systematic Review And Meta-Analysis	Fatma Gül TAKIR TATLI	Nişantaşı University

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



16.08.2026/ Hall-6, Session-2



Ankara Local Time



10³⁰ : 12⁴⁵



Meeting ID: 863 1867 2791



Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Fatih TURAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A Conceptual Framework For Immersive Heritage Interpretation In The Adaptive Reuse Of Industrial Heritage	Lect. Çağlasu ARTUÇ Lect. Çağla KAYA YALÇIN Assist. Prof. Dr. Buket AKÇAY GÜVEN	İstanbul Beykent University
Reflections Of Motifs Found In Anatolian Seljuk Architecture On Contemporary Ceramic Art: A Study On Design And Application Examples	Assoc. Prof. Dr. Nilüfer Nazende ÖZKANLI	Aksaray University
Control of HNO ₃ -Derived Acidic Load in Assay Laboratory Sample Preparation: Evaluation of Scrubber Tower pH Behavior and Sample-Based Alkali Consumption Using Field Data	Assist. Prof. Dr. Fatih TURAN	Dokuz Eylül University
Investigation Of Lightweight Alternative Materials In Disc Brake Rotors In Terms Of Thermomechanical Performance	Res. Assist. Fatma Sedef ŞAVLI Prof. Dr. Evren Meltem TOYGAR	Hasan Kalyonucu University/Dokuz Eylül University
On Order Weak Continuous Operators	Dr. Gül Sinem KELEŞ TOKER Prof. Dr. Birol ALTIN	Gazi University
Nonlinear Site Response Assessment Using Earthquake Horizontal-To-Vertical Spectral Ratios During	Assist. Prof. Bilal ÖZASLAN	Kırşehir Ahi Evran University
Determination Of Mechanical Losses In A Single-Cylinder Diesel Engine Using The Willan's Line Method	Asst. Prof. Dr. Coşkun BAYRAM Prof. Dr. Orhan DURGUN	Karadeniz Technical University/Avrasya University
Effects Of Wind Turbine Installation On Power Losses And Voltage Profile In The Power System	Asst. Prof. Dr. İbrahim Çağrı BARUTÇU	Hakkari University

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



16.08.2026/ Hall-7, Session-2



Ankara Local Time

10³⁰ : 11⁴⁵



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr.Emine KIZILAY

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Placental Aging And Cellular Senescence: A Bibliometric And Thematic Mapping From Physiological Maturation To Pregnancy Pathologies	Research Assistant Merve Nur GÜNEY Assistant Professor Seçil Nazife PARLAK Assistant Professor Muhammet Volkan BÜLBÜL	Ağrı İbrahim Çeçen University
Bibliometric And Thematic Analysis Of Ferroptosis Research İn The Central Nervous System: Global Trends And Scientific Mapping	Research Assistant Merve Nur GÜNEY Assistant Professor Seçil Nazife PARLAK Assistant Professor Muhammet Volkan BÜLBÜL	Ağrı İbrahim Çeçen University
A Multi-Target Therapeutic Approach For Rheumatoid Arthritis Using Systems Pharmacology And Nanotechnology	Dr.Sidra Altaf	University of Agriculture
Histopathological And Apoptotic Evaluation Of The Protective Effects Of Ozone, Glutathione, And Resveratrol In Lymph Node Damage Associated With Head And Neck Radiotherapy	Assist. Prof. Dr.Emine KIZILAY Assist. Prof. Dr.Esra ERDEM	Sağlık Bilimleri University
Single-Stage Treatment Of Deep Mandibular Gingival Recession With The Laterally Closed Tunnel Technique	Res. Assist. Zeynep Hazan YILDIZ	University of Health Sciences

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



16.08.2026/ Hall-8, Session-3



Ankara Local Time

11⁰⁰ : 13⁰⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Dr. Safaa Rhaimi

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Material Informatics: Digital Data Management And Standardization For Next-Generation Materials Engineering	Oluwanifemi Opeyemi AGOI Moses Adeolu AGOI Hendri Hermawan ADINUGRAHA Dr Muhammad Faisal	Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan/Obafemi Awolowo University/Benazir Income Support Program under World Bank Project/Lagos State University/Pakistan-NIGERIA
An Archaeological And Geopolitical Approach To Early Islamic Military Movements In Southern Jordan: The 'Hisma Desert' As A Case Study And Its Impact On The Mediterranean Basin	Mohammed Waheeb	The Hashemite University
The Scientific Discourse On Strengthening Pharmaceutical Care In Georgia: An Evidence-Based Analysis Of Professional Development Needs, Educational Challenges, And Strategic Recommendations	Nodar Sulashvili , Magda Davitashvili , Nana Gorgaslidze , Maka Buleishvili , Vira Kravchenko , Marika Sulashvili , Nato Alavidze Nino Abuladze , Igor Seniuk , Natia Kvizhinadze , Teimuraz Enukidze , David Aphkhazava , Kakhaber Robakidze , Lela Grigolia , Marina Giorgobiani , Otar Gerzmava	Georgian Technical University//Telavi State University (TeSaU)/ BAU International University/University of Pharmacy/UKRAINE-GEORGIA
Advances In Innovative Antimicrobial Applications Of Essential Oils	Dr. Safaa Rhaimi	Ibn Tofail University/MOROCCO
Plant Essential Oils: Emerging Solutions To Antimicrobial Resistance	Dr. Safaa Rhaimi	Ibn Tofail University/MOROCCO
Synergistic In Vitro Antifungal Activity Of Essential Oils Against A Phytopathogenic Fungus	Dr. Safaa Rhaimi	Ibn Tofail University/MOROCCO
In Vitro Antioxidant Activity Of A Medicinal Plant Essential Oil: Evaluation Of Free Radical Scavenging Capacity	Dr. Safaa Rhaimi	Ibn Tofail University/MOROCCO
Advancing Nitrogen Use Efficiency Through Innovative And Sustainable Agricultural Practices	ELABBARI Chaimaa , Pr. Labjar Najoua , Pr.EL Hajjaji souad	Mohammed V University

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



16.08.2026/ Hall-9, Session-3



Ankara Local Time

11⁰⁰ : 12⁴⁵



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Dr. Md. Mahamudur Rahman Papon

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Challenges and Institutional–Structural Barriers to Individual Mastery in the Path of Iran’s Political Economy Underdevelopment	Vorya Shabrandi Dr. Sajjad Bahrami Moghadam	The Gap Between Individual Capability and Institutional Structure in Iran
The Impact Of Hospitality Service Quality On Tourist Loyalty In Hotels In The Context Of Tourism Promotion In Benin	Jean-Roitinos AISSI	Laboratory of Biogeography and Environmental Expertise (LABEE)
Biogenic Iron Oxide Nanoparticles using Cichorium Intybus as an Alternative to Oral Iron Therapy: Biocompatibility and Therapeutic Evaluation via Intravenous and Transdermal Routes	Mohsin Fawad	-----
Evaluation of Renewable Energy Pathways for Bangladesh Based on a Multi-dimensional Analysis of Institutional Energy Demand Vis-à-vis Socio-economic Indicators and Income level	Dr. Md. Mahamudur Rahman Papon , Dr. Nilima Islam , Md. Golam Rasul , Mohammad Rashe Dun Nabi , Md. Sarwath Hussain Bhuiyan , Fahad Rahul	American East Coast University/University of Dhaka/State University of Bangladesh/US Bangla Medical College and Hospital/Processing, Bangladesh University/BANGLADESH
Thyroid Hormone Levels And Their Association With Plasma Zinc Levels Among Adolescent Afghan Refugees; A Cross-Sectional Study	Dr Saima Shaheen Dr Nabila Sher Dr. Kalsoom Tariq	Khyber Girls Medical College
Quality Assurance And Quality Training Provision In Technical And Vocational Education: Review Of Empirical Studies	Dr. Modibbo Muhammed Buba Dr. Daniel Marcel	Mudiame University/Modibbo Adama University/NIGERIA
Kindergarten–Family Partnership in Subcultural Communities	Dr. Zenel Sina Dr. Adriana Qafa	“Barleti” University/“Aleksandër Moisiu” University/Albania

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



16.08.2026/ Hall-10, Session-3



Ankara Local Time

11⁰⁰ : 12⁴⁵



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
On the Structural Connectivity in Power Graphs of Full Transformation Semigroups	Eze C. A. T. Imam M. Balarabe	-----
Global Scientific Perspectives On The Biological And Clinical Effects Of Anthropogenic Electromagnetic Radiation On Human Health: Molecular Mechanisms, Cellular Signaling, Physiological Dysregulation, Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome, And Future Research Directions	Nodar Sulashvili , Nana Gorgaslidze , Magda Davitashvili , Maka Buleishvili , Margarita Beglaryan , Vira Kravchenko , Igor Seniuk , Natia Kvizhinadze , Marika Sulashvili , Nato Alavidze , Ia Egnatievi , Manana Giorgobiani , Olga Shapoval , Lela Grigolia , Kakhaber Robakidze , David Aphkhazava	Georgian Technical University/Gogebashvili Telavi State University/BAU International University/National University of Pharmacy/Akaki Tsereteli State University/GEORGIA-UKRAINE
Antibiotic Therapy in Urinary Tract Infections: Implications for Human Microbiota and Emerging Strategies to Prevent Dysbiosis	Manpreet Singh ^{1*} , Pankaj Malhotra ²	Sushant University
A Practical Approach To Acute Flaccid Paraplegia	Ergys Ramosaço Gentian Vyshka	University of Medicine in Tirana/ALBANIA
The Principle of Proportionality in the Limitation of Human Rights	Nguyen Ngoc Vy	Thu Dau Mot University, VIETNAM
The Right to Disconnect After Working Hours in French Law and Its Reference Value for Vietnam	Hoang Le Buu Tran Thi Hoai Ngoc	Thu Dau Mot University, Vietnam.
Proper Fertilization Of Meadows With Manure For Obtaining High-Quality Of Grass For Animal Nutrition	Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ Prof Dr Jovan BOJKOVSKI Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA MSc Ivanka HADŽIĆ	Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia/University in Belgrade/University "St. Kliment Ohridski" Bitola,/SERBIA-MACEDONIA

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



16.08.2026/ Hall-1, Session-4



Ankara Local Time

11³⁰ : 13⁰⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Celestina FAZIA

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Two Decades Following World War I And Reconstruction Urban Planning In The 20th Century	Prof. Dr. Celestina FAZIA Dr. Sara LA PAGLIA	University Kore/ITALY
The Sol-Gel Method-Prepared Dimethyl Ether Synthesis from Syngas over Cu-Zn/Al ₂ O ₃ Catalysts	Uday Som	Shizuoka University/JAPAN
The use of GIS for Geospatial analysis along Abuja Kaduna Highway	Vandefan John Adekwagh Vandefan James Ode Onyeche Ann	Nigerian Police Force/Veritas University/Abuja University/NIGERIA
The effect of Honey and Ginger on Staphylococcus aureus and Bacillus spp	Vandefan John Adekwagh Vandefan James Ode Onyeche Ann	Nigerian Police Force/Veritas University/Abuja University/NIGERIA
Urban Midrise Residential Living In Pakistan: A Critical Review Of Livability, Cultural Adaptation, And Environmental Performance	Ar. Jamhsiad Khan Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufra	Chief Architect Jamshaid Khan & Associates & Environmental Designer, Islamabad, Pakistan.
Rethinking Architectural Design And Hospital Transformation Through Need Based Assessment In Lieu Of Covid19 Pandemic: A Case For Missing Epidemic Considerations In Healthcare Design Optimization	Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. M. Asad Ghufra Prof. Dr. Atta Ullah Shah	Karakoram International University/International Islamic University

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



16.08.2026/ Hall-2, Session-4



Ankara Local Time

11³⁰ : 13³⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

Passcode: 345875

HEAD OF SESSION: Dr .Vardhana Janakiraman

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Designing Locally Adapted Hydraulic Lime For Sustainable Heritage Restoration: From Geological Resources To High-Performance Binders	Oumayma Nassiri , Mounsif Ibnoussina , Khaoula Admou , Rhita Hachad , Abdelmalek Ammari	Cadi Ayyad University/MOROCCO
The Brazilian Supreme Federal Court's Judgment In The Climate Fund Case: Claim Of Noncompliance With A Fundamental Precept No. 708/Df And The Constitutional Duty Of Climate Protection	Prof. Dr.Deilton RIBEIRO BRASIL	University of Itaúna (UIT)/BRAZIL-South America
Assessment of the Prevalence of Polyendocrine Metabolic Ovarian Syndrome (PMOS) and Adherence to the Mediterranean Diet among University Female Students in Morocco	Safae Abdessadki , Chaimaa Izikik , Naima CHIKHI , Mohamed MZIWIRA	Hassan II University
The Lack Of Practical Skills As A Challenge For Young People In The Labour Market In Albania	PhD. Romina RADONSHIQI Msc. Bledar RADONSHIQI	University College LOGOS/CEO Eventalb Milano, ITALY-ALBANIA
Oral Microbiota Dysbiosis as a Convergent Mechanism in Neurodegenerative Disorders: Focus on Alzheimer's Disease, Parkinson's Disease with Lewy Bodies, and Dementia	Maria Ciubotaru Alin Stelian Ciobica	Alexandru Ioan Cuza" University/"Apollonia" University/ROMANIA
Green Synthesis, Characterization and In Vitro Anti-Inflammatory Activity of Iron Oxide Nanoparticles Using Croton sparsiflorus Leaf Extract	Dr .Vardhana Janakiraman, Vivega T , Dhivakar R, Ashwini N, R Jayasree	Vels Institute of Science Technology and Advanced Studies/INDIA
The Impact of Studentification on Residential Property Rental Values Around Tertiary Institutions in Nigeria: Evidence from the Federal University of Technology, Minna, Nigeria	Ilori Temitope Ayobami , Sule Abbas Iyanda	Federal University of Technology/NIGERIA
Beyond The Digital Library: Re-Evaluating India's Defensive Strategy Against Biopiracy In The Age Of Genomic Bioprospecting	Dhanvi Choubey Shourya Gupta Yash Modi	Bennett University

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



16.08.2026/ Hall-3, Session-4



Ankara Local Time

11³⁰ : 13⁰⁰



Meeting ID: 863 1867 2791

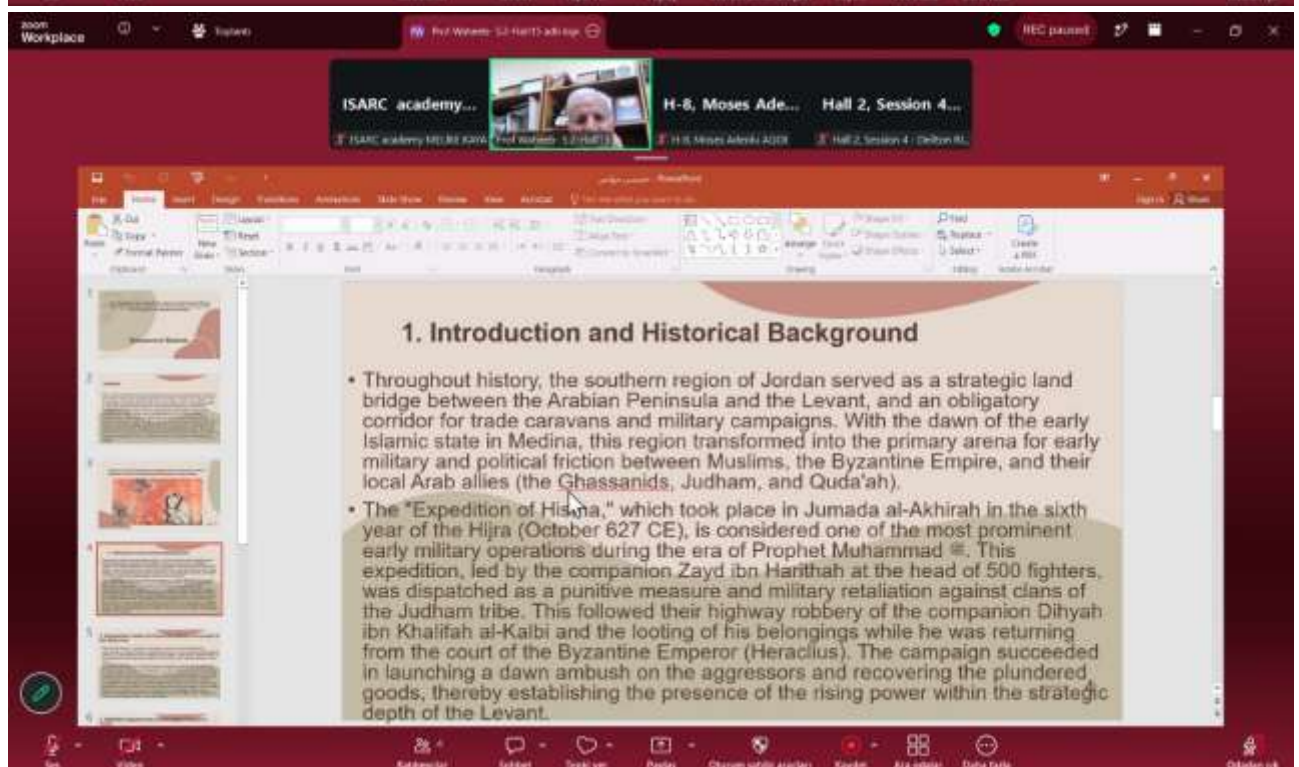
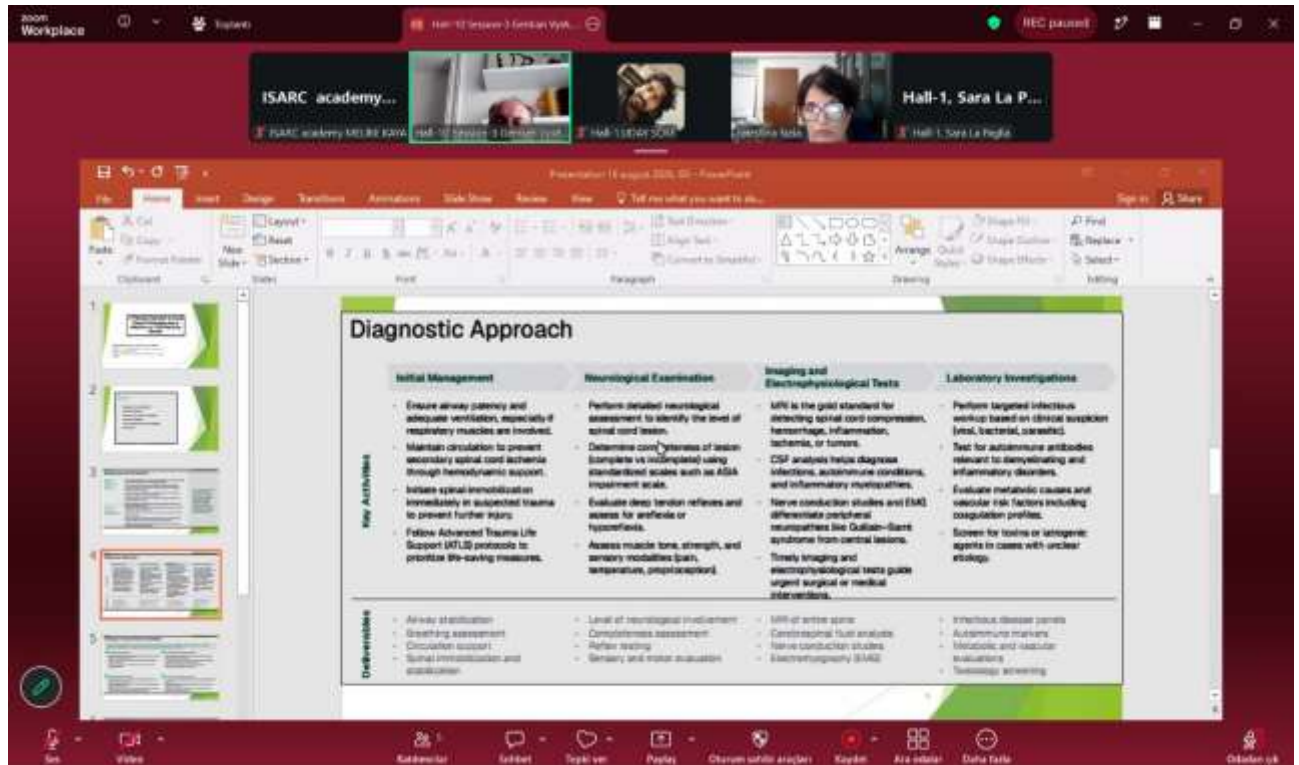
Passcode: 345875

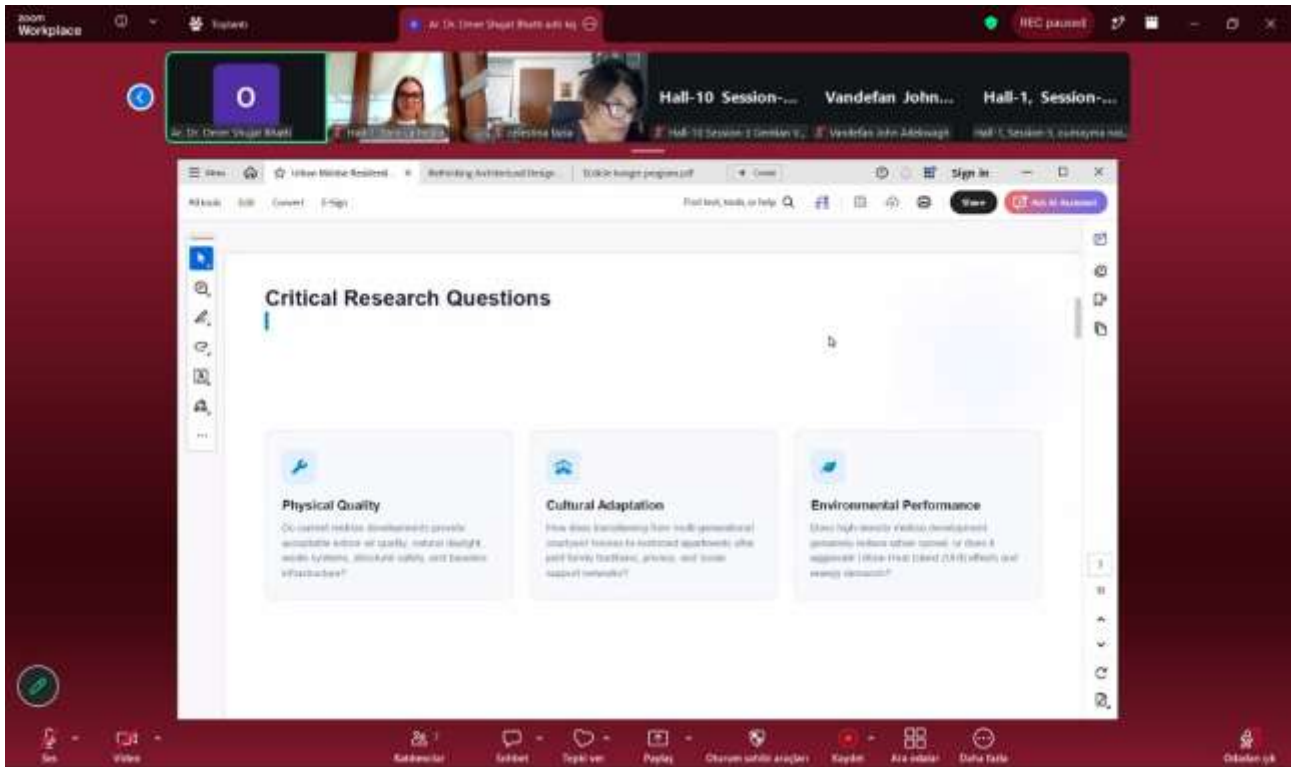
HEAD OF SESSION: Maryem ARRAJI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A Comprehensive Review Of Metal Hydride Materials For Safe And Efficient Hydrogen Storage	Mohammed Naji	Hassan II University
Clinical Validation Or Efficacy And Safety Of Herbal Cough Formula:Study Of Herbal Cough Syrup	Ameerah Z, Saravanan R	Bharath Institute of Higher Education and Research
Forty Years Of Landsat And Sentinel-2 Retrospective Analysis Reveal A Species-Differentiated Dieback Signal In The Atlas Forests Of Béni Mellal-Khénifra (Morocco)	Yacine Laidi Nawfel El Bouchti	Sultan Moulay Slimane University
Smart Drug Delivery Systems Using Stimuli – Responsive Polymers: Recent Advances And Future Perspectives	MUTHURAMALINGAM M GOMATHY E ELAVARASI E	BHARATH INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION AND RESEARCH
Self-Supervised Learning In Natural Language Processing: From Recurrent Networks To Large Language Models	Abdullah Shahbaz	AI&ML Engineer, Falling Upward, England-UNITED KINGDOM
Medication Adherence Among Patients with Type 2 Diabetes: Findings from a Multicenter Study in Morocco	Maryem ARRAJI	Hassan First University/MOROCCO

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

PHOTO GALLERY





Alzheimer Hastalığı ve Genetik Faktörler

- Alzheimer hastalığı (AH), dünyadaki demans vakalarının %60 ila %70'ini oluşturan, ilerleyici ve kronik bir nörodejeneratif sendromdur.
- Geç başlangıçlı AH (LOAD) poligenik bir karaktere sahiptir; yani birden çok genin ve çevresel faktörlerin karmaşık etkileşimi söz konusudur.
- Genom Çapında İlişkilerleme Çalışmaları (GWAS), APOE geni dışında yeni genetik bölgeleri gün yüzüne çıkarmış, özellikle lipid taşıyıcı ve amiloid beta (A β) temizlenmesinde görev alan ABCA7 geni öne çıkmıştır.

Zoom Workplace

ISARC academy...

Biga'da Din ve Siyaset Ekseninde Propaganda İddiaları

Allegations of Propaganda Involving Religion and Politics in Biga

- CHP Balıkesir ve Çanakkale Bölge Müfettişi **Naki Cevat Akkerman**, Biga'da dinin siyasete alet edildiği yönündeki iddiaları incelemiştir.
- İddiaların kaynağını, emekli polis komiseri **Hilmi Selanik**'in CHP Genel Sekreterliğine gönderdiği mektup oluşturmuştur.
- Selanik, 1945 sonrasında bazı çevrelerin **laiklik** ve **Cumhuriyet** inkılapları aleyhinde yazılı ve sözlü faaliyetlerde bulunduğu ileri sürmüştür.
- **Sebilürreşad** dergisinin Biga'da yaygın biçimde okunması ve **"Laiklere Rey Vermeyiniz"** başlıklı yazı, muhtemel irticai faaliyetler kapsamında değerlendirilmiştir.
- **Hafız Naci Gürses**'in *Nurlu Yol (Türk Çocuklarına Öğüt)* adlı eseri de dini içeriği nedeniyle incelemeye alınmıştır.
- **5 Eylül 1944 tarihli İç Yayın Dairesi raporunda**, eserde çocuklara dini telkinlerde bulunulduğu ve bazı ifadelerin laiklikle bağdaşmadığı ileri sürülmüştür.
- Özellikle **"Her Türk İslamım demeli"** ifadesi sakıncalı bulunmuş, kitabın **Ramazan ayında** yayımlanması da değerlendirilmede dikkate alınmıştır.
- Belgede, Cumhuriyet inkılaplarının korunması ve bunlara karşı faaliyetlerin **sürekli denetim altında tutulması** gerektiği düşüncesi öne çıkmıştır.
- Enas mesele ileride ortaya çıkabilecek bir tehdit ihtimaline ilişkin **algı ve kaygıdır**.

Naki Cevat Akkerman, CHP Regional Inspector for Balıkesir and Çanakkale, investigated allegations concerning the use of religion for political purposes in Biga.

The allegations were based on a letter sent to the CHP Secretariat by Hilmi Selanik, a retired police commissioner.

Selanik claimed that, after 1945, certain groups had written and verbal activities against secularism and Republican reforms.

The widespread circulation of *Sebilürreşad* in Biga and an article titled "Do Not Vote for Secularists" were possible signs of reactionary activity.

Hafız Naci Gürses's *Nurlu Yol (Advice to Turkish Children)* also examined because of its religious content.

In a report dated 5 September 1944, the Directorate of Domestic Publications stated that the book contained religious guidance for children and argued that such expressions were incompatible with secularism.

Particular attention was drawn to the phrase "Every Turk should say, 'I am a Muslim'", while the publication of the book during Ramadan was also taken into consideration.

The document emphasized the need to protect the Republic and to keep activities directed against them under continuous surveillance.

The main issue is the perception of and concern about a threat that could emerge in the future.

Zoom Workplace

ISARC academy...

Salep Yerine Farklı Modifiye Nişastalar Kullanılarak Üretilen Sütlü Salep İçeceklerinin Duyusal Değerlendirilmesi

Sensory Evaluation of Milk-Based Salep Beverages Produced Using Different Modified Starches

Dr. Öğretim Üyesi **Kurban YAŞAR**

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Özge Yılmaz, 2023, 10.1155/2023/1029545

ResearchGate

ISARC academy...

ISARC academy MELİKE KAYA

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

ISARC academy...

ISARC academy MELİKE KAYA

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Alihan Ali İbrahimli

Amaç ve Araştırma Sorusu

>Amaç

Yeniden işlevlendirilen endüstri mirası alanlarında kullanılan immersif uygulamaların miras yorumlamasına katkısını değerlendirmeye yönelik kavramsal bir çerçeve geliştirmek.

>Araştırma sorusu

Yeniden işlevlendirilmiş endüstri mirası alanlarında kullanılan immersif uygulamalar, hangi koşullarda bağımsız bir dijital deneyimin ötesine geçerek endüstriyel mirasın yorumlanmasına katkı sağlamaktadır?

>Kapsam

3 uluslararası vaka

- Atelier des Lumières — Paris
- Zollverein — Essen
- Matadero Madrid—MAD — Madrid

Zoom Workplace

Hall-7 Zeynep H... REC paused

ISARC academy... Hall-7 Zeynep H... can okan gül

ISARC academy MÜHÜR KAYA Hall-7 Zeynep H... can okan gül

Zoom Workplace

Resveratrol: Genetik ve Epigenetik Kalkan

SIRT1 Aktivasyonu ile DNA Onarımı

Uzun kabuğu gibi birçok kaynaklarda bulunan güçlü bir polifenol olan Resveratrol, hücrenin ömrünü ve stres direncini artıran SIRT1 (Sirtuin 1) genini doğrudan aktive eder.

Radyokoruyucu Etkileri:

- SIRT1 aktivasyonu, radyasyonun kopardığı DNA zincirlerini onaran PARP enzimlerini destekler.
- Hücre döngüsünün radyasyon nedeniyle durmasını engeller.
- Epigenetik bir modulator olarak, radyasyonun yarattığı epigenetik bozulmaları hızında kalıcı etkilerini engeller.

Diagram illustrating the effects of Resveratrol (RSV) on cellular processes:

- Apoptosis
- Amplify the release of anticancer molecules by NK cells
- Angiogenesis
- Survival pathways (AKT, mTOR, STAT3)
- Receptor tyrosine kinase
- Cancer stem cells
- Cell cycle
- Proliferation

Zoom Workplace

Hall-7 Zeynep H... REC

ISARC academy... Hall-7 Zeynep H... Hall-7,Session-2...

ISARC academy MÜHÜR KAYA Hall-7 Zeynep H... can okan gül

Zoom Workplace

4. Network-Based Target Prioritization

- Potential hub targets: TNF, IL1B, IL6, PTGS2, AKT1, STAT3, MAPK-related proteins
- Protein-protein interaction networks reveal highly connected regulatory nodes
- Central targets can be ranked using degree, betweenness, and closeness measures
- Prioritization supports rational selection of targets for experimental validation

Zoom Workplace

ISARC academy...

ISARC academy EME BE KAYA

ISARC academy...

Introduction

Polyendocrine Metabolic Ovarian Syndrome (PMOS), previously named polycystic ovary syndrome (PCOS), is one of the most common disorders among reproductive-age women worldwide, affecting between 6% and 20% of women. However, more than half of the cases are undiagnosed.

It is characterized by a heterogeneous range of clinical features, including **oligomenorrhea**, **anovulation** and **infertility** on the one hand, and **metabolic disorders** such as **insulin resistance** and **obesity** on the other.



Zoom controls: Chat, Video, Gallery View, Slides, Screen sharing, Keyboard, Air Mouse, Data Table, Screen off



INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

KONU: Kongre Katılımcı Bilgisi

27.08.2026

İLGİLİ MAKAMA

12.ULUSLARARASI DİCLE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ 15-16 AĞUSTOS 2026 tarihleri arasında DİYARBAKIR ‘da online olarak 18 farklı ülkeden (Türkiye:40 ve diğer Ülkeler:47 Toplam:87 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 yaridan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. ‘’ değişikliğine ve Doçentlik kriterlerine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir.

Saygılarımla



Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF ISARC

CONTENT

CONGRESS ID	II
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	III-V
PROGRAM	VI-XX
PHOTO GALLERY	XXI-XXVII
ACADEMIC INCENTIVE	XXVIII
CONTENT	XXIX-XXXIII

AUTHORS	TITLE	NO
Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ	Surgical Treatment Of Extraoral Fistula Caused By Odontojenik Infection: A Case Report	1-2
Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ	Treatment Of Recurrent Periapikal Infection Following Apical Resection With Retreatment And Retrograde Mta Filling: A Case Report	3-4
Uzm. Dt. Medine ÇİÇEK	2.5-Year Follow-Up Of Direct Pulp Capping In A Mandibular Third Molar: A Case Report	5-6
Uzm. Dt. Medine ÇİÇEK	Removal Of A Separated Endodontic Instrument From A Maxillary First Molar Using A Microscope-Assisted Ultrasonic Technique: A Case Report	7-9
Major Gheorghe GIURGIU Prof. Dr.Manole COJOCARU	Inflammation Now The Key Target For Seborrheic Dermatitis	10
Can Okan GÜL Kamile ERCIYAS Süleyman Ziya ŞENYURT	Postoperative Pain Following Different Surgical Approaches For Bilateral Gingival Recessions: A Case Report	11-21
Res. Assist. .Recep ÇELİK Prof. Dr.Hakkı TAŞTAN	Investigating the Association Between Alzheimer’s Disease and ABCA7 rs3764650 Genotypes in the Turkish Population	22-23
Altan AKINEDEN Fadime EROGLU	Molecular Detection Of Pathogenic Free-Living Amoebae Threatening Human Health In In Environmental Samples	24-25
Assist. Prof. Dr. Nuri GÜLEŞCİ Sinem YILDIRIM	Purification And Biochemical Characterization Of Catalase From Ocimum Basilicum L.: Influence Of Glucose Concentration On Enzyme Activity	26-27
Assist. Prof. Dr.Muhabbet KEMAL Dr. Hanife UÇAK Assist. Prof. Dr. Nilüfer ÇİRİĞ SELÇUK	On The Entomofauna (Arthropoda, Insecta) Of Rheum Ribes (Polygonaceae) And Some New Host Records	28-30
Assist. Prof. Dr. Yavuz GÖNAN	The Wave Of Legal Systematization In The 11 Th Century: A Comparative Analysis Of Sarakhsi, Isaac Ben Jacop Alfası, And Ivo Of Chartres	31-45
Assist. Prof. Dr.Tahir ALTUN	The Limits Of Reason In The Qur’an	46-55
Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ	The Ideal Ruler Model: Political And Administrative Leadership Of Prophets In Quranic Narratives	56-74
Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ	Surah Al-Kahf And Time	75-81
Assoc. Prof. Dr. Ferit YÜCEBAŞ	Political And Ideological Threat Perceptions In The Final Years Of The Single-Party Period: Anti-Regime Activities (1942-1949)	82-102
Assoc. Prof. Dr. Aynur HACIGEDIRLI MAHARRAM	“The Detailed Register of the Nakhchivan Province” – as a source in the study of Azerbaijani history	103-112
Assist. Prof. Dr. Gizem KÖŞKER	French As A Foreign Language Through Ai-Enhanced Activities Teaching Everyday Language And Slang	113-121

Qəribova Arifə Hacıbaba qızı	The Importance Of Learning Oral Traditional Professional Azerbaijan Music In Music Teacher Training	122-128
Qəribova Arifə Hacıbaba qızı	Embodiment Of Mugam Art In The Symphonic Creativity Of Azerbaijan Composers	129-135
Assist. Prof. Dr. Kurban YAŞAR	Sensory Evaluation Of Milk-Based Salep Beverages Produced Using Different Modified Starches As Alternatives To Salep	136-147
M. Sc. Murat Can ÜLKER Assist. Prof. Dr. Mehmet Onur DOĞAN	Effect Of Gravity Drainage On Tight Matrix Carbonate Reservoir With Low Quality Natural Fractures On Carbon-Dioxide Injection: A Case Study	148-150
Assist. Prof. Dr. Halil ÖZERLİ	Investigation Of The Capacity-Voltage (C-V) And Conductance-Voltage (G/ω-V) Characteristics Of The Al/Methylene Blue/P-Si Structure At Low Frequencies	151-157
Assist. Prof. Dr. Halil ÖZERLİ Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ	Investigation Of The Light Intensity-Dependent Series Resistances Of Al/Ptcd/P-Si Semiconductor Structures	158-166
Lect. Dr. Muhammet ÇELİK	a Triazole-Based Schiff Base for Cu(II) Coordination: Synthesis And Spectroscopic Insights	167-176
Lect. Dr. Muhammet ÇELİK	Synthesis, Spectroscopic Characterization, And Dna-Binding Studies of a NOVEL 1,2,3-Triazole-Based Schiff Base Zn(II) Complex	177-191
Lect. Merve RIZVANOĞLU Assoc. Prof., Dr. Hatice PEKMEZ	Current Measurement Technologies In Evaluating Coffee Quality	192-203
Sevgi TULUPCU Prof. Dr. Bozkurt KOÇ	An Examination Of The Social Comparison Tendencies Of Social Media Users	204-218
Hasan KÜÇÜK Sıla BAYSAN Melis SARI Assoc. Prof. Dr. Mehmet DİNÇ	Interaction Of Work Readiness, The Digitalization Of The Profession And Digital Competencies: A Research Study On Future Applied Science Professionals	219-221
Daif Allah Alkhadhmi	Would Households In Sana'a continue Using Solar Energy If Public-Grid Electricity Were Restored? An Extended Theory Of Planned Behavior Study	222
Res. Assist. Dr. Burhan ÖZALP	Approaches to Agricultural Chemicalization: A Comparative Assessment of Mainstream and Critical Literature	223-235
Senior Agric. Eng. Amine Kübra GÜNGÖR Prof. Dr. Uğur ZÜLKADİR	Effects Of Shearing On The Fattening Performance And Carcass Characteristics Of Angora Goat Kids	236-245
Fatma Gül TAKIR TATLI	Quiet Quitting Among Nurses: A Systematic Review And Meta-Analysis	246-247
Lect. Çağlasu ARTUÇ Lect. Çağla KAYA YALÇIN Assist. Prof. Dr. Buket AKÇAY GÜVEN	A Conceptual Framework For Immersive Heritage Interpretation In The Adaptive Reuse Of Industrial Heritage	248-263
Assoc. Prof. Dr. Nilüfer Nazende ÖZKANLI	Reflections Of Motifs Found In Anatolian Seljuk Architecture On Contemporary Ceramic Art: A Study On Design And Application Examples	264-276
Assist. Prof. Dr. Fatih TURAN	Control of HNO ₃ -Derived Acidic Load in Assay Laboratory Sample Preparation: Evaluation of Scrubber Tower pH Behavior and Sample-Based Alkali Consumption Using Field Data	277-278
Res. Assist. Fatma Sedef ŞAVLI Prof. Dr. Evren Meltem TOYGAR	Investigation Of Lightweight Alternative Materials In Disc Brake Rotors In Terms Of Thermomechanical Performance	279-280
Dr. Gül Sinem KELEŞ TOKER Prof. Dr. Birol ALTIN	On Order Weak Continuous Operators	281-282
Assist. Prof. Bilal ÖZASLAN	Nonlinear Site Response Assessment Using Earthquake Horizontal-To-Vertical Spectral Ratios During	283-292
Asst. Prof. Dr. Coşkun BAYRAM Prof. Dr. Orhan DURGUN	Determination Of Mechanical Losses In A Single-Cylinder Diesel Engine Using The Willan's Line Method	293-315
Asst. Prof. Dr. İbrahim Çağrı BARUTÇU	Effects Of Wind Turbine Installation On Power Losses And Voltage Profile In The Power System	316-322

Research Assistant Merve Nur GÜNEY Assistant Professor Seçil Nazife PARLAK Assistant Professor Muhammet Volkan BÜLBÜL	Placental Aging And Cellular Senescence: A Bibliometric And Thematic Mapping From Physiological Maturation To Pregnancy Pathologies	323-338
Research Assistant Merve Nur GÜNEY Assistant Professor Seçil Nazife PARLAK Assistant Professor Muhammet Volkan BÜLBÜL	Bibliometric And Thematic Analysis Of Ferroptosis Research In The Central Nervous System: Global Trends And Scientific Mapping	339-352
Dr.Sidra Altaf	A Multi-Target Therapeutic Approach For Rheumatoid Arthritis Using Systems Pharmacology And Nanotechnology	353-354
Assist. Prof. Dr.Emine KIZILAY Assist. Prof. Dr.Esra ERDEM	Histopathological And Apoptotic Evaluation Of The Protective Effects Of Ozone, Glutathione, And Resveratrol In Lymph Node Damage Associated With Head And Neck Radiotherapy	355-357
Res. Assist. Zeynep Hazan YILDIZ	Single-Stage Treatment Of Deep Mandibular Gingival Recession With The Laterally Closed Tunnel Technique	358-364
Oluwanifemi Opeyemi AGOI Moses Adeolu AGOI Hendri Hermawan ADINUGRAHA Dr Muhammad Faisal	Material Informatics: Digital Data Management And Standardization For Next-Generation Materials Engineering	365-378
Mohammed Waheeb	An Archaeological And Geopolitical Approach To Early Islamic Military Movements In Southern Jordan: The ‘Hisma Desert’ As A Case Study And Its Impact On The Mediterranean Basin	379-382
Nodar Sulashvili , Magda Davitashvili , Nana Gorgaslidze , Maka Buleishvili , Vira Kravchenko , Marika Sulashvili , Nato Alavidze Nino Abuladze , Igor Seniuk , Natia Kvizhinadze , Teimuraz Enukidze , David Aphkhazava , Kakhaber Robakidze , Lela Grigolia , Marina Giorgobiani , Otar Gerzmava	The Scientific Discourse On Strengthening Pharmaceutical Care In Georgia: An Evidence-Based Analysis Of Professional Development Needs, Educational Challenges, And Strategic Recommendations	383-446
Dr. Safaa Rhaimi	Advances In Innovative Antimicrobial Applications Of Essential Oils	447
Dr. Safaa Rhaimi	Plant Essential Oils: Emerging Solutions To Antimicrobial Resistance	448
Dr. Safaa Rhaimi	Synergistic In Vitro Antifungal Activity Of Essential Oils Against A Phytopathogenic Fungus	449
Dr. Safaa Rhaimi	In Vitro Antioxidant Activity Of A Medicinal Plant Essential Oil: Evaluation Of Free Radical Scavenging Capacity	450
ELABBARI Chaimaa , Pr. Labjar Najoua , Pr.EL Hajjaji souad	Advancing Nitrogen Use Efficiency Through Innovative And Sustainable Agricultural Practices	451-452
Vorya Shabrandi Dr. Sajjad Bahrami Moghadam	Challenges and Institutional–Structural Barriers to Individual Mastery in the Path of Iran’s Political Economy Underdevelopment	453
Jean-Roitinos AISSI	The Impact Of Hospitality Service Quality On Tourist Loyalty In Hotels In The Context Of Tourism Promotion In Benin	454
Mohsin Fawad	Biogenic Iron Oxide Nanoparticles using Cichorium Intybus as an Alternative to Oral Iron Therapy: Biocompatibility and Therapeutic Evaluation via Intravenous and Transdermal Routes	455
Dr. Md. Mahamudur Rahman Papon , Dr. Nilima Islam , Md. Golam Rasul , Mohammad Rashe Dun Nabi , Md. Sarwath Hussain Bhuiyan , Fahad Rahul	Evaluation of Renewable Energy Pathways for Bangladesh Based on a Multi-dimensional Analysis of Institutional Energy Demand Vis-à-vis Socio-economic Indicators and Income level	456
Dr Saima Shaheen Dr Nabila Sher Dr. Kalsoom Tariq	Thyroid Hormone Levels And Their Association With Plasma Zinc Levels Among Adolescent Afghan Refugees; A Cross-Sectional Study	457-458
Dr. Modibbo Muhammed Buba Dr. Daniel Marcel	Quality Assurance And Quality Training Provision In Technical And Vocational Education: Review Of Empirical Studies	459-465

Dr. Zenel Sina Dr. Adriana Qafa	Kindergarten–Family Partnership in Subcultural Communities	466
Nodar Sulashvili , Nana Gorgaslidze , Magda Davitashvili , Maka Buleishvili , Margarita Beglaryan , Vira Kravchenko , Igor Seniuk , Natia Kvizhinadze , Marika Sulashvili , Nato Alavidze , Ia Egnatievi , Manana Giorgobiani , Olga Shapoval , Lela Grigolia , Kakhaber Robakidze , David Aphkhazava	Global Scientific Perspectives On The Biological And Clinical Effects Of Anthropogenic Electromagnetic Radiation On Human Health: Molecular Mechanisms, Cellular Signaling, Physiological Dysregulation, Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome, And Future Research Directions	467-535
Manpreet Singh , Pankaj Malhotra	Antibiotic Therapy in Urinary Tract Infections: Implications for Human Microbiota and Emerging Strategies to Prevent Dysbiosis	536-537
Ergys Ramosaço Gentian Vyshka	A Practical Approach To Acute Flaccid Paraplegia	538-540
Nguyen Ngoc Vy	The Principle of Proportionality in the Limitation of Human Rights	541-551
Hoang Le Buu Tran Thi Hoai Ngoc	The Right to Disconnect After Working Hours in French Law and Its Reference Value for Vietnam	552-562
Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ Prof Dr Jovan BOJKOVSKI Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA MSc Ivanka HADŽIĆ	Proper Fertilization Of Meadows With Manure For Obtaining High-Quality Of Grass For Animal Nutrition	563
Prof. Dr. Celestina FAZIA Dr. Sara LA PAGLIA	The Two Decades Following World War Ii And Reconstruction Urban Planning In The 20th Century	564-565
Uday Som	The Sol-Gel Method-Prepared Dimethyl Ether Synthesis from Syngas over Cu-Zn/Al ₂ O ₃ Catalysts	566
Vandefan John Adekwagh Vandefan James Ode Onyeché Ann	The use of GIS for Geospatial analysis along Abuja Kaduna Highway	567-605
Vandefan John Adekwagh Vandefan James Ode Onyeché Ann	The effect of Honey and Ginger on Staphylococcus aureus and Bacillus spp	606
Ar. Jamhsiad Khan Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufra	Urban Midrise Residential Living In Pakistan: A Critical Review Of Livability, Cultural Adaptation, And Environmental Performance	607
Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. M. Asad Ghufra Prof. Dr. Atta Ullah Shah	Rethinking Architectural Design And Hospital Transformation Through Need Based Assessment In Lieu Of Covid19 Pandemic: A Case For Missing Epidemic Considerations In Healthcare Design Optimization	608
Oumayma Nassiri , Mounsi Ibnoussina , Khaoula Admou , Rhita Hachad , Abdelmalek Ammari	Designing Locally Adapted Hydraulic Lime For Sustainable Heritage Restoration: From Geological Resources To High-Performance Binders	609-610
Prof. Dr. Deilton RIBEIRO BRASIL	The Brazilian Supreme Federal Court's Judgment In The Climate Fund Case: Claim Of Noncompliance With A Fundamental Precept No. 708/Df And The Constitutional Duty Of Climate Protection	611-628
Safae Abdessadki , Chaimaa Izikik , Naima CHIKHI , Mohamed MZIWIRA	Assessment of the Prevalence of Polyendocrine Metabolic Ovarian Syndrome (PMOS) and Adherence to the Mediterranean Diet among University Female Students in Morocco	629-630
PhD. Romina RADONSHIQI Msc. Bledar RADONSHIQI	The Lack Of Practical Skills As A Challenge For Young People In The Labour Market In Albania	631-639
Maria Ciubotaru Alin Stelian Ciobica	Oral Microbiota Dysbiosis as a Convergent Mechanism in Neurodegenerative Disorders: Focus on Alzheimer's Disease, Parkinson's Disease with Lewy Bodies, and Dementia	640-647
Dr .Vardhana Janakiraman, Vivega T , Dhivakar R, Ashwini N, R Jayasree	Green Synthesis, Characterization and In Vitro Anti-Inflammatory Activity of Iron Oxide Nanoparticles Using Croton sparsiflorus Leaf Extract	648
Ilori Temitope Ayobami , Sule Abbas Iyanda	The Impact of Studentification on Residential Property Rental Values Around Tertiary Institutions in Nigeria: Evidence from the Federal University of Technology, Minna, Nigeria	649

Dhanvi Choubey Shourya Gupta Yash Modi	Beyond The Digital Library: Re-Evaluating India's Defensive Strategy Against Biopiracy In The Age Of Genomic Bioprospecting	650-659
Mohammed Naji	A Comprehensive Review Of Metal Hydride Materials For Safe And Efficient Hydrogen Storage	660
Ameerah Z, Saravanan R	Clinical Validation Or Efficacy And Safety Of Herbal Cough Formula:Study Of Herbal Cough Syrup	661
Yacine Laidi Nawfel El Bouchti	Forty Years Of Landsat And Sentinel-2 Retrospective Analysis Reveal A Species-Differentiated Dieback Signal In The Atlas Forests Of Béni Mellal-Khénifra (Morocco)	662
MUTHURAMALINGAM M GOMATHY E ELAVARASI E	Smart Drug Delivery Systems Using Stimuli –Responsive Polymers: Recent Advances And Future Perspectives	663
Abdullah Shahbaz	Self-Supervised Learning In Natural Language Processing: From Recurrent Networks To Large Language Models	664-665
Maryem ARRAJI	Medication Adherence Among Patients with Type 2 Diabetes: Findings from a Multicenter Study in Morocco	666

ODONTOJENİK ENFEKSİYON KAYNAKLI EKSTRAORAL FİSTÜLÜN CERRAHİ TEDAVİSİ: OLGU SUNUMU

Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ

Sahinbey Oral and Dental Health Hospital, Oral and Maxillofacial Surgery, Sahinbey, Gaziantep

ORCID ID: 0000-0001-5392-7238

ÖZET

Çene yüz bölgesinde dental enfeksiyonlara bağlı oluşan ekstraoral kutanöz fistüller, bazı durumlarda yanlış teşhis edilmektedir. Bu vaka sunumunda odontojenik kaynaklı olmasına rağmen dermatolojik bir lezyon olarak düşünülüp tedavi edilmeye çalışılmış ekstraoral fistülün, doğru teşhis ve cerrahi tedavi süreci anlatılmıştır. Benzer vakaların teşhis ve tedavisiyle ilgili farkındalık oluşturulması hedeflenmiştir. Sistemik bir hastalığı bulunmayan 12 yaş erkek hasta sol alt çenesindeki ekstraoral fistül şikayetiyle cerrahi kliniğine başvurmuştur. Alınan anamnezde 1,5 aydır plastik cerrahi kliniğinde ilgili lezyonun tedavisinin yapıldığı, 2 kez cerrahi olarak fistül yolunun eksize edildiği, bölgeden biyopsi alındığı fakat lezyonun iyileşme göstermediği öğrenilmiştir. Yapılan klinik ve radyolojik muayenede 36 nolu dişte derin çürük ve periapikal lezyon görülmüş ve fistül kaynağı olarak tespit edilmiştir. Tedavisinde lokal anestezi altında 36 nolu diş çekilerek periapikal bölgedeki granülasyon dokuları temizlenmiştir. Bölge serum fizyolojikle yıkanarak çekim yarası sekonder iyileşmeye bırakılmıştır. Ekstraoral fistül yakın zamanda plastik cerrah tarafından tedavi edildiği için müdahale edilmemiştir. 2 hafta sonra yapılan kontrolde çekim yarasının sorunsuz olarak iyileştiği görülmüştür. Ekstraoral muayenede fistül yolunun kapandığı ve pürülan akıntısının olmadığı görülmüştür. Çene yüz bölgesindeki ekstraoral fistüller genellikle odontojenik enfeksiyonlardan kaynaklanmaktadır. Hatalı teşhis hastanın doğru tedaviye erişiminin gecikmesine ve gereksiz tedaviler almasına sebep olmaktadır. Çene yüz bölgesinde ekstraoral fistüllerin ayırıcı tanısı ve tedavisinde dental etmenler mutlaka elimine edilmeli ve diş hekimi konsültasyonu yapılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Ekstraoral Apse, Ekstraoral Fistül, Odontojenik Enfeksiyon

SURGICAL TREATMENT OF EXTRAORAL FISTULA CAUSED BY ODONTOJENİK INFECTION: A CASE REPORT

ABSTRACT

Extraoral cutaneous fistulas in the maxillofacial region, caused by dental infections, are sometimes misdiagnosed. This case presentation describes the correct diagnosis and surgical treatment process of an extraoral fistula that, despite being of odontogenic origin, was mistakenly treated as a dermatological lesion. The aim is to raise awareness regarding the diagnosis and treatment of similar cases. A 12-year-old male patient with no systemic disease presented to the surgical clinic with a complaint of an extraoral fistula in his left lower jaw. His

history revealed that he had been treated for the lesion in a plastic surgery clinic for 1.5 months, that the fistula tract had been surgically excised twice, and that biopsies had been taken from the area, but the lesion had not healed. Clinical and radiological examination revealed deep caries and a periapical lesion in tooth number 36, which was identified as the source of the fistula. Treatment involved extracting tooth number 36 under local anesthesia and cleaning the granulation tissue in the periapical region. The area was rinsed with saline, and the extraction wound was left to heal secondary to normal. The extraoral fistula was not treated as it had recently been treated by a plastic surgeon. A follow-up examination two weeks later showed that the extraction wound had healed without complications. Extraoral examination revealed that the fistula tract was closed and there was no purulent discharge. Extraoral fistulas in the maxillofacial region are usually caused by odontogenic infections. Incorrect diagnosis causes the patient to delay access to the correct treatment and receive unnecessary treatments. In the differential diagnosis and treatment of extraoral fistulas in the maxillofacial region, dental factors must be eliminated and dentist consultation must be performed.

Keywords: Extraoral Abscess, Extraoral Fistula, Odontogenic Infection

APİKAL REZEKSİYON SONRASI NÜKS EDEN PERİAPİKAL ENFEKSİYONUN RETREATMENT VE RETROGRAD MTA İLE TEDAVİSİ: OLGU SUNUMU

Uzm. Dt. Mustafa Can GÜRBÜZ

Sahinbey Oral and Dental Health Hospital, Oral and Maxillofacial Surgery, Sahinbey, Gaziantep

ORCID ID: 0000-0001-5392-7238

ÖZET

Periapikal lezyon varlığında, cerrahi içermeyen endodontik tedavilerin yetersiz kaldığı durumlarda periapikal cerrahiye başvurulmaktadır. Bu vaka sunumu geçmişte apikal rezeksiyon ve retrograd amalgam dolgu uygulanmış ancak iyileşme göstermemiş periapikal lezyonun, retreatment ve retrograd Mineral Trioxide Aggregate (MTA) dolgu ile yeniden tedavisinin paylaşılması amacıyla yapılmıştır. Üst çene ön bölgede şişlik ve akıntı şikayetiyle başvuran 34 yaşındaki erkek hastadan alınan anamnezde, 2 yıl önce üst çene ön bölgedeki 3 dişine apikal cerrahi işlem uygulandığı öğrenilmiştir. Yapılan muayenede ağız içinde hafif şişlik, fistül ağzı ve pürülan akıntı, perküsyonda hafif ağrı görülmüştür. Röntgende 21, 22, 23 nolu dişlere daha önceden apikal rezeksiyon ve retrograd dolgu yapıldığı görülmüştür. Hastanın tedavisinde ilgili dişlere retreatment uygulanmasından 4 gün sonra apikal cerrahi işlemi yapılmıştır. Tam kalınlık flep kaldırılarak granülasyon dokusu temizlenmiş ve retrograd amalgam dolgular sökülerek MTA dolgu yerleştirilmiştir. Bir hafta sonra yapılan kontrolde şişliğin geçtiği ve fistülün kapandığı gözlenmiştir. Hastanın 3. ay kontrolünde yumuşak doku ve dişler sağlıklı olarak görülmüş, perküsyon ağrısı görülmemiştir. Hastanın 6. ve 12. ay röntgeninde kemik dolumu ve lezyonda küçülme izlenmiştir. Periapikal cerrahinin başarısız sonuç vermesi durumunda öncelikle bu durumun sebebi ortaya çıkarılmalıdır. Özellikle kök kanal sisteminin apikalden sızdırmaz şekilde tıkanması bu cerrahide önemlidir. Periapikal cerrahide Mineral Trioxide Aggregate (MTA) ile birlikte yapılan retrograd dolgu, apikal sızdırmazlık açısından başarılı sonuç vermektedir.

Anahtar kelimeler: Apikal Rezeksiyon, Mineral Trioxide Aggregate, Retrograd Dolgu

TREATMENT OF RECURRENT PERIAPICAL INFECTION FOLLOWING APICAL RESECTION WITH RETREATMENT AND RETROGRADE MTA FILLING: A CASE REPORT

ABSTRACT

Periapical surgery is considered when non-surgical endodontic treatments are insufficient in the presence of periapical lesions. This case presentation aims to share the treatment of a periapical lesion that had previously undergone apical resection and retrograde amalgam filling but had not shown improvement, using retreatment and retrograde Mineral Trioxide Aggregate (MTA)

filling. A 34-year-old male patient presented with swelling and discharge in the anterior region of the upper jaw. His medical history revealed that he had undergone apical surgery on three teeth in the anterior region of his upper jaw two years prior. Examination revealed mild swelling in the mouth, a fistula opening, purulent discharge, and mild pain on percussion. X-rays showed that teeth 21, 22, and 23 had previously undergone apical resection and retrograde filling. Four days after retreatment of the affected teeth, apical surgery was performed. A full-thickness flap was raised, granulation tissue was removed, and retrograde amalgam fillings were removed and replaced with MTA fillings. A follow-up examination one week later showed that the swelling had subsided and the fistula had closed. At the 3-month follow-up, the soft tissues and teeth appeared healthy, and no pain was observed on percussion. X-rays at 6 and 12 months showed bone filling and reduction in lesion size. If periapical surgery fails, the cause must first be determined. A leak-proof seal of the root canal system at the apical end is particularly important in this type of surgery. Retrograde filling with Mineral Trioxide Aggregate (MTA) in periapical surgery provides successful results in terms of apical sealing.

Keywords: Apical Resection, Mineral Trioxide Aggregate, Retrograde Filling

MANDİBULAR ÜÇÜNCÜ MOLAR DİŞTE DİREKT PULPA KUAFAJININ 2,5 YILLIK TAKİBİ: OLGU SUNUMU

Uzm. Dt. Medine ÇİÇEK

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, Merkez, Rize
ORCID ID: 0000-0001-7322-5532

ÖZET

Vital pulpa tedavileri, pulpa dokusunun canlılığının ve fonksiyonunun korunmasını amaçlayan konservatif endodontik yaklaşımlardır. Direkt pulpa kuafajı ise ekspoz olmuş vital pulpa dokusunun uygun bir materyalle örtülerek pulpal sağlığın sürdürülmesini hedefleyen tedavi yöntemlerinden biridir. Günümüzde biyoseramik materyaller, biyolojik özellikleri ve vital pulpa tedavilerindeki kullanım alanları nedeniyle bu amaçla tercih edilen materyaller arasında yer almaktadır. Bu vaka raporu, biyoseramik materyal kullanılarak gerçekleştirilen direkt pulpa kuafajının mandibular üçüncü molar dişte 2,5 yıllık klinik ve radyografik sonuçlarını sunmaktadır.

Sistemik olarak sağlıklı 33 yaşındaki kadın hasta, 38 numaralı dişinde sıcak-soğuk hassasiyeti ve zaman zaman çiğneme sırasında ağrı şikâyetiyle kliniğe başvurdu. Spontan ve gece ağrısı bulunmayan diş, soğuk ve elektrikli pulpa testlerine pozitif yanıt verirken radyografik olarak periapikal patoloji izlenmedi. Bulgular doğrultusunda reversible pulpitis tanısı konuldu. Rubber-dam izolasyonu altında çürük dokunun uzaklaştırılması sırasında yaklaşık 1 mm çapında pulpa ekspozu oluştu. Pulpa dokusunun görünümü normaldi ve kanama %2,5 sodyum hipoklorit ile yaklaşık 10 saniyede kontrol altına alındı. Ekspoz pulpa biyoseramik materyal (Bio-C Repair) ile örtüldü ve diş aynı seansta adeziv restorasyonla tamamlandı. 6. ay, 1., 1,5. ve 2,5. yıl kontrollerinde diş asemptomatik ve fonksiyondaydı; soğuk ve elektrikli pulpa testlerine pozitif yanıt devam etti ve radyografik olarak periapikal patoloji izlenmedi.

Vital pulpa tedavisinin başarısında pulpanın başlangıç durumu, kanamanın kontrol edilebilmesi, aseptik çalışma koşulları ve pulpa üzerine uygulanan materyalin özellikleri önem taşımaktadır. Bu olguda sınırlı pulpa ekspozunun kısa sürede kontrol altına alınabilmesi ve biyoseramik materyal ile doğrudan örtülmesi sonrasında pulpa vitalitesinin 2,5 yıl boyunca korunması, uygun seçilmiş olgularda direkt pulpa kuafajının uzun dönemli bir tedavi seçeneği olabileceğini desteklemektedir. Ayrıca üçüncü molar bir dişin çekim yerine fonksiyonda korunabilmesi, vital pulpa tedavilerinin yalnızca anterior veya daha stratejik dişlerle sınırlı düşünülmemesi gerektiğine ilişkin klinik açıdan dikkat çekici bir örnek oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Vital pulpa tedavisi, direkt pulpa kuafajı, Bio-C Repair, biyoseramik materyal, üçüncü molar

2.5-YEAR FOLLOW-UP OF DIRECT PULP CAPPING IN A MANDIBULAR THIRD MOLAR: A CASE REPORT

ABSTRACT

Vital pulp therapies are conservative endodontic approaches aimed at preserving the vitality and function of the dental pulp. Direct pulp capping involves covering exposed vital pulp tissue with an appropriate material to maintain pulpal health. Today, bioceramic materials are widely used for this purpose because of their biological properties and clinical applications in vital pulp therapy. This case report presents the 2.5-year clinical and radiographic outcomes of direct pulp capping performed with a bioceramic material in a mandibular third molar.

A systemically healthy 33-year-old female patient presented with sensitivity to hot and cold stimuli and occasional pain during mastication in tooth #38. The tooth showed no spontaneous or nocturnal pain, responded positively to cold and electric pulp tests, and exhibited no radiographic evidence of periapical pathology. Based on the clinical findings, a diagnosis of reversible pulpitis was established. During caries removal under rubber dam isolation, a pulp exposure approximately 1 mm in diameter occurred. The exposed pulp tissue appeared normal, and bleeding was controlled within approximately 10 seconds using 2.5% sodium hypochlorite. The exposed pulp was covered with a bioceramic material (Bio-C Repair), and the tooth was restored with an adhesive restoration during the same visit. At the 6-month, 1-year, 1.5-year, and 2.5-year follow-up examinations, the tooth remained asymptomatic and functional, continued to respond positively to cold and electric pulp tests, and showed no radiographic evidence of periapical pathology.

The success of vital pulp therapy depends on several factors, including the initial status of the pulp, effective hemorrhage control, aseptic clinical conditions, and the properties of the material placed over the pulp. In this case, rapid control of bleeding from a limited pulp exposure followed by direct coverage with a bioceramic material resulted in preservation of pulp vitality over a 2.5-year period, supporting direct pulp capping as a potential long-term treatment option in appropriately selected cases. Furthermore, preserving a third molar in function rather than extracting it provides a clinically noteworthy example of the potential application of vital pulp therapy beyond anterior or more strategically important teeth.

Keywords: Vital pulp therapy, direct pulp capping, Bio-C Repair, bioceramic material, third molar

MAKSİLLER BİRİNCİ MOLAR DIŞTE KIRIK ENDODONTİK ALETİN MİKROSKOP DESTEKLİ ULTRASONİK TEKNİKLE UZAKLAŞTIRILMASI: OLGU SUNUMU

Uzm. Dt. Medine ÇİÇEK

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, Merkez, Rize

ORCID ID: 0000-0001-7322-5532

ÖZET

Kök kanal tedavisi sırasında meydana gelen alet kırıkları, kanalın mekanik şekillendirilmesini ve dezenfeksiyonunu güçleştirebilen endodontik komplikasyonlardır. Kırık parçanın kanal içerisindeki konumu, görünürlüğü ve ulaşılabilirliği, uygulanacak yönetim yaklaşımının belirlenmesinde önem taşımaktadır. Bu vaka raporu, maksiller birinci molar dişin palatinal kanalında kırılan uzun bir K-eğenin dental operasyon mikroskobu ve ultrasonik uçlar kullanılarak uzaklaştırılmasını ve komplikasyonun bir yıllık klinik ve radyografik sonuçlarını sunmaktadır.

Sistemik olarak sağlıklı 22 yaşındaki kadın hasta, derin restorasyon bulunan 26 numaralı dişinde spontan ve gece ağrısı şikâyetiyle kliniğe başvurdu. Perküsyon ve palpasyon negatifti ve radyografik olarak periapikal lezyon izlenmedi. Klinik bulgular doğrultusunda semptomatik irreversible pulpitis ve tanısı konularak kök kanal tedavisine başlandı. Rubber-dam izolasyonu altında çalışma boyunun belirlenmesi sırasında palatinal kanalda kullanılan #10 K-eğe kırıldı. Yaklaşık 8 mm uzunluğundaki kırık parça, kanalın apikal üçlüsünden orta üçlüsüne kadar uzanmaktaydı. Dental operasyon mikroskobu altında kırık parçanın koronal bölümüne kontrollü erişim sağlandı. Ultrasonik uçlar kullanılarak çevresindeki dentin uzaklaştırıldı ve kırık alet gevşetilerek ek bir çıkarma sistemine gereksinim duyulmadan kanaldan tamamen uzaklaştırıldı. Ardından çalışma boyuna yeniden ulaşarak kök kanal tedavisi tamamlandı. Bir yıllık takipte hasta asemptomatikti ve radyografik değerlendirmede periapikal patoloji izlenmedi.

Kırık aletlerin çıkarılmasında yeterli görüş alanının sağlanması ve çevre dentin dokusunun mümkün olduğunca korunması tedavi yaklaşımının önemli bileşenleridir. Dental operasyon mikroskobu kırık parçanın doğrudan görüntülenmesini kolaylaştırırken, ultrasonik uçlar kontrollü dentin uzaklaştırılması ve parçanın gevşetilmesine olanak sağlayabilmektedir. Bu olgu, apikalden orta üçlüye uzanan yaklaşık 8 mm uzunluğundaki bir kırık el eğesinin mikroskop destekli ultrasonik yaklaşımla uzaklaştırılmasının ardından kanal tedavisinin tamamlanabildiğini ve bir yıllık takipte klinik-radyografik sağlığın korunabildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırık alet, endodontik komplikasyon, dental operasyon mikroskobu, ultrasonik, alet çıkarılması

**REMOVAL OF A SEPARATED ENDODONTIC INSTRUMENT FROM A
MAXILLARY FIRST MOLAR USING A MICROSCOPE-ASSISTED ULTRASONIC
TECHNIQUE: A CASE REPORT**

ABSTRACT

Instrument separation during root canal treatment is an endodontic complication that may hinder mechanical preparation and disinfection of the root canal system. The location, visibility, and accessibility of the separated fragment within the canal are important factors in determining the appropriate management approach. This case report presents the removal of a long K-file fractured in the palatal canal of a maxillary first molar using a dental operating microscope and ultrasonic tips, together with the one-year clinical and radiographic outcomes of the complication management.

A systemically healthy 22-year-old female patient presented with spontaneous and nocturnal pain associated with tooth #26, which had a deep restoration. Percussion and palpation tests were negative, and no periapical lesion was detected radiographically. Based on the clinical findings, a diagnosis of symptomatic irreversible pulpitis was established, and root canal treatment was initiated. During working length determination under rubber dam isolation, a #10 K-file fractured in the palatal canal. The separated fragment was approximately 8 mm in length and extended from the apical third to the middle third of the canal. Under a dental operating microscope, controlled access was established to the coronal portion of the fragment. Ultrasonic tips were used to remove dentin surrounding the fragment and to loosen the instrument, which was then completely retrieved without the need for an additional retrieval system. Working length was subsequently re-established, and root canal treatment was completed. At the one-year follow-up, the patient remained asymptomatic, and radiographic examination revealed no evidence of periapical pathology.

Adequate visualization and preservation of the surrounding dentin are important components of the management of separated endodontic instruments. A dental operating microscope facilitates direct visualization of the fragment, while ultrasonic tips allow controlled dentin removal and loosening of the separated instrument. This case demonstrates that an approximately 8-mm-long fractured hand file extending from the apical to the middle third of the canal can be successfully removed using a microscope-assisted ultrasonic approach, allowing completion of root canal treatment and maintenance of favorable clinical and radiographic findings at the one-year follow-up.

Keywords: Separated instrument, endodontic complication, dental operating microscope, ultrasonics, instrument retrieval

INFLAMMATION NOW THE KEY TARGET FOR SEBORRHEIC DERMATITIS

Major Gheorghe GIURGIU¹, Prof dr Manole COJOCARU^{2,3}

¹Deniplant-Aide Sante Medical Center, Biomedicine, Bucharest, Romania

<https://orcid.org/0000-0002-5449-2712>

²Academy of Romanian Scientists

³Titu Maiorescu University, Faculty of Medicine, Bucharest, Romania

<https://orcid.org/0000-0002-7192-7490>

ABSTRACT

Background A growing body of evidence highlights that intestinal dysbiosis is associated with the development of seborrheic dermatitis. The gut-skin axis is the novel concept of the interaction between skin diseases and microbiome through inflammatory mediators, metabolites and the intestinal barrier. The gut microbiome affects skin homeostasis through its influence on the signaling pathways that coordinate inflammation.

The objective of this study was to synthesize current data on the Deniplant nutraceuticals of the gut microbiome in patients with seborrheic dermatitis.

Materials and methods All studies confirmed the association of seborrheic dermatitis and gut microbiota dysbiosis. We describe the recent advances regarding the interplay between gut microbiota and the skin. Thus, the microbiome can be considered an effective therapeutical target for treating this disorder.

Results This presentation provides a detailed and comprehensive systematic study regarding gut microbiome in patients with seborrheic dermatitis. These results are supported by clinical observations based on a case serie showing improvement in seborrheic dermatitis lesions after Deniplant nutraceuticals. It is still not clear whether seborrheic dermatitis is an effect or a cause of the observed disbalance between beneficial and pathogenic microbes. In this context, the study provides very interesting results, showing significantly greater changes in the gut microbiome of patients with seborrheic dermatitis treated Deniplant nutraceuticals.

Conclusion There is a significant association between alterations in gut microbial composition and seborrheic dermatitis. Intestinal dysbiosis is a state of imbalanced gut microbiome that eventually has a negative impact on skin function and integrity. Deniplant nutraceuticals is a potential therapeutic strategy in patients with seborrheic dermatitis.

Keywords: dysbiosis, microbiome, seborrheic dermatitis, gut-skin axis, gut barrier, Deniplant nutraceuticals

BİLATERAL DIŞ ETİ ÇEKİLMELERİNDE FARKLI CERRAHİ YAKLAŞIMLAR SONRASI POSTOPERATİF AĞRI: BİR OLGU SUNUMU

Arş. Gör. Can Okan GÜL,

Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı ,Gaziantep,Türkiye
,cnokangl@gmail.com

ORCID ID: 0009-0001-7991-5427

Dr. Dt. Süleyman Ziya ŞENYURT,

Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı ,Gaziantep,Türkiye
,szsenyurt@gantep.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-5536-9110

Prof. Dr. Kamile ERCİYAS,

Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı ,Gaziantep,Türkiye
,erciyas@gantep.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-9940-0423

ÖZET

Diş eti çekilmeleri estetik sorunların yanı sıra dentin hassasiyeti ve kök yüzeyiyle ilişkili çeşitli komplikasyonlara neden olabilen mukogingival deformitelerdir. Bu olgu sunumunda, bilateral diş eti çekilmelerinin tedavisinde subepitelyal bağ dokusu grefti ile desteklenen tünel tekniğinin iki farklı biyolojik yaklaşımla uygulanmasının klinik sonuçları ve postoperatif hasta deneyimi değerlendirilmiştir. Yirmi beş yaşında, sistemik hastalığı bulunmayan ve sigara kullanmayan kadın hastada, ilk cerrahi girişimde sol üst bölgedeki diş eti çekilmeleri tünel tekniği ve subepitelyal bağ dokusu grefti kullanılarak, mine matriks türevi uygulanmaksızın tedavi edildi. Üç ay sonra sağ üst bölgede aynı cerrahi teknik uygulanmış, kök yüzeylerine mine matriks türevi (Emdogain®) uygulanmış ve donör saha PeriAcryl® ile kapatılmıştır. Her iki cerrahi girişim sonrasında aynı postoperatif bakım protokolü uygulanmış ve hasta altı ay süreyle takip edilmiştir. Altıncı ay kontrolünde her iki bölgede de tam kök örtmesi sağlanmış ve herhangi bir komplikasyon gözlenmemiştir. Hasta, Emdogain® ve PeriAcryl® kullanılan ikinci cerrahi girişim sonrasında postoperatif dönemi daha konforlu geçirdiğini ve günlük yaşamına daha kısa sürede dönebildiğini ifade etmiştir. Bu olguda her iki tedavi yaklaşımı da başarılı klinik sonuçlar sağlamış olmakla birlikte, biyolojik ajan ve donör saha yönetiminde kullanılan yardımcı materyallerin hasta deneyimi üzerinde olumlu katkıları olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu gözlemler tek bir olguya dayandığından ve hasta deneyimi standardize yöntemlerle değerlendirilmediğinden, daha geniş örneklemli kontrollü klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diş eti çekilmesi, tünel tekniği, subepitelyal bağ dokusu grefti, Emdogain, PeriAcryl, hasta bildirimli sonuç ölçütleri (PROMs).

POSTOPERATIVE PAIN FOLLOWING DIFFERENT SURGICAL APPROACHES FOR BILATERAL GINGIVAL RECESSIONS: A CASE REPORT ABSTRACT

This case report evaluated the clinical outcomes and postoperative patient experience following two different biological approaches combined with the tunnel technique and subepithelial connective tissue graft (SCTG) for the treatment of bilateral gingival recession. A 25-year-old systemically healthy, non-smoking female presented with aesthetic concerns and dentin hypersensitivity associated with gingival recession. During the first surgical procedure, gingival recessions in the left maxillary region were treated using the tunnel technique and SCTG without the application of enamel matrix derivative. Three months later, the same surgical protocol was performed in the right maxillary region, with the addition of enamel matrix derivative (Emdogain®) to the root surfaces, while the donor site was managed using PeriAcryl®. An identical postoperative care protocol was followed after both procedures, and the patient was monitored for six months. Complete root coverage was achieved in both treated regions without any postoperative complications. The patient reported a more comfortable postoperative recovery and an earlier return to daily activities following the second procedure, in which Emdogain® and PeriAcryl® were used. Clinical examination also revealed more favorable early soft tissue healing in this region. Although both treatment approaches resulted in successful clinical outcomes, the use of a biological adjunct together with a different donor-site management protocol may have contributed to an improved postoperative patient experience. Nevertheless, these findings should be interpreted with caution because they are based on a single case and patient-reported outcomes were not assessed using standardized instruments. Further controlled clinical studies with larger sample sizes are needed to clarify the contribution of biological adjuncts to both clinical and patient-centered outcomes in periodontal plastic surgery.

Keywords: Gingival recession, tunnel technique, subepithelial connective tissue graft, enamel matrix derivative, Emdogain, PeriAcryl, patient-reported outcome measures (PROMs).

1. GİRİŞ

Diş eti çekilmeleri, periodontal plastik cerrahide en sık karşılaşılan mukogingival deformiteler arasında yer almakta olup, estetik ve fonksiyonel açıdan önemli klinik sorunlara neden olabilmektedir. Kök yüzeyinin açığa çıkması estetik beklentileri olumsuz etkilemesinin yanı sıra dentin hassasiyeti, kök çürüğü ve servikal sert doku lezyonlarının gelişme olasılığını artırmaktadır (Cortellini ve Bissada, 2018). Diş eti çekilmelerinin oluşumu multifaktöriyel bir yapıya sahiptir ve ince periodontal fenotip, travmatik diş fırçalama alışkanlıkları, periodontal

yıkım, ortodontik tedaviler ile anatomik özellikler başlıca risk faktörleri arasında gösterilmektedir (Cairo, 2011; Lee ve Kim, 2025).

Kök örtme cerrahilerinde temel hedef, açığa çıkan kök yüzeyini yeniden örtterek estetik görünümü iyileştirmek, dentin hassasiyetini azaltmak ve uzun dönemde yumuşak doku stabilitesini sağlamaktır (Chambrone ve Tatakis, 2015). Bu amaç doğrultusunda çeşitli cerrahi teknikler geliştirilmiş olsa da, subepitelyal bağ dokusu grefti ile kombine edilen yöntemler öngörülebilir ve başarılı klinik sonuçları nedeniyle günümüzde referans tedavi seçenekleri arasında kabul edilmektedir (Yadav ve ark., 2018). Bu tekniklerden biri olan tünel tekniği, papiller dokuların korunmasına olanak sağlaması, greftin vasküler beslenmesini desteklemesi ve üstün estetik sonuçlar sunabilmesi nedeniyle periodontal plastik cerrahide yaygın olarak uygulanmaktadır (Tavelli ve ark., 2018). Nitekim güncel sistematik derlemeler ve meta-analizler, uygun endikasyona sahip olgularda tünel tekniğinin kök örtme başarısı açısından koronal ilerletilmiş flep tekniği ile benzer klinik sonuçlar sağladığını bildirmektedir (Toledano-Osorio ve ark., 2022; Mayta-Tovalino ve ark., 2023).

Cerrahi tedavilerin biyolojik iyileşmesini desteklemek amacıyla periodontal plastik cerrahide çeşitli biyomateriyallerden yararlanılmaktadır. Bu materyaller arasında yer alan mine matriks türevi (Emdogain®), periodontal yara iyileşmesini ve rejeneratif süreçleri destekleyebilen biyolojik özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan ajanlardan biridir (Sculean ve ark., 2007). Deneysel ve klinik çalışmalar, Emdogain®'in hücresel proliferasyonu artırarak periodontal iyileşmeye katkı sağlayabileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte, kök örtme cerrahilerinde rutin kullanımının klinik sonuçlara ek fayda sağlayıp sağlamadığı halen tartışmalıdır. Bazı sistematik derlemelerde anlamlı bir ek klinik yarar gösterilemezken (Discepoli ve ark., 2019), bazı randomize kontrollü çalışmalarda postoperatif ağrı ve estetik sonuçlar açısından olumlu etkiler bildirilmiştir (Górski ve ark., 2020). Öte yandan, güncel uzun dönem takip çalışmalarında modifiye tünel tekniği ile birlikte uygulanan Emdogain®'in kök örtme başarısı ve hasta tarafından bildirilen sonuçlar üzerinde belirgin bir üstünlük sağlamadığı rapor edilmiştir (Lee ve Kim, 2025).

Kök örtme cerrahilerinde tedavi başarısı çoğunlukla kök örtme oranı, klinik ataşman kazancı ve keratinize doku genişliği gibi klinik periodontal parametreler üzerinden değerlendirilmektedir. Buna karşılık, tedavi sürecinin hasta tarafından nasıl deneyimlendiğini ortaya koyan çalışmaların sayısı sınırlı olup, özellikle aynı hastada uygulanan farklı biyolojik yaklaşımların hem klinik sonuçlarını hem de postoperatif hasta deneyimini birlikte değerlendiren olgu sunumları literatürde oldukça az yer almaktadır (Górski ve ark., 2020; Lee

ve Kim, 2025). Bu olgu sunumunda, bilateral diş eti çekilmeleri bulunan aynı hastada, farklı zamanlarda uygulanan iki biyolojik yaklaşımın klinik sonuçları ile postoperatif hasta deneyimi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Yirmi beş yaşında, sistemik hastalığı bulunmayan ve sigara kullanmayan kadın hasta, üst çenenin sağ ve sol bölgelerindeki diş eti çekilmelerine bağlı estetik kaygı ve dentin hassasiyeti nedeniyle Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı Kliniği'ne başvurdu. Klinik muayenede sağ üst birinci premolar (14), ikinci premolar (15) ve birinci molar (16) dişlerde sırasıyla 3 mm, 1–2 mm ve 1–2 mm derinliğinde RT1 tip diş eti çekilmeleri saptandı. Sol üst lateral kesici dişte (22) 3 mm derinliğinde RT2 tip, sol üst kanin dişte (23) ise 2 mm derinliğinde RT1 tip diş eti çekilmesi belirlendi. Klinik ve radyografik değerlendirmeler sonucunda her iki bölge için subepitelyal bağ dokusu grefti ile desteklenen tünel tekniği uygulanmasına karar verildi.

Tedavinin ilk aşamasında sol üst bölgede (22–23) cerrahi işlem lokal infiltrasyon anestezisi altında gerçekleştirildi. Sulküler insizyonların ardından papiller dokular korunarak parsiyel kalınlıkta tünel hazırlandı. Palatinal donör bölgeden yaklaşık 1–1,5 mm kalınlığında subepitelyal bağ dokusu grefti elde edildi. Kök yüzeyleri mekanik olarak düzleştirildi. Bu aşamada kök yüzeyine herhangi bir koşullandırma uygulanmadı ve mine matriks türevi kullanılmadı. Hazırlanan greft tünel içerisine yerleştirilerek rehber ve askı sütürleri ile stabilize edildi. Donör saha periodontal örtü materyali ile kapatıldı.

Postoperatif hasta deneyimini değerlendirmek amacıyla her iki cerrahi girişim sonrasında hastadan 1., 3., 7. ve 14. günlerde görsel analog skala (VAS; 0 = ağrı yok, 10 = dayanılmaz ağrı) kullanılarak ağrı düzeyini değerlendirmesi istendi. Ayrıca hastadan her iki operasyonun iyileşme sürecini genel konfor ve memnuniyet açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi istendi.

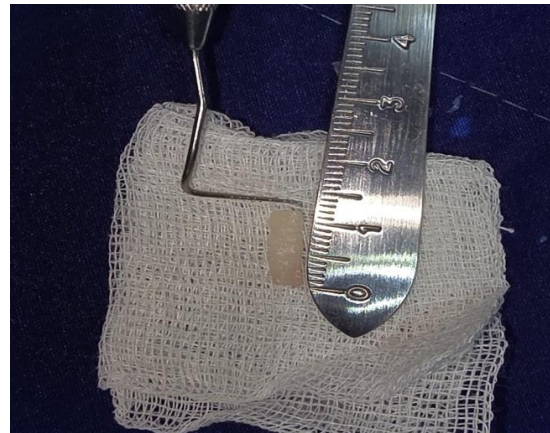
İlk cerrahi girişimin iyileşmesinin tamamlanmasının ardından, üç ay sonra sağ üst bölgeye (14–16) aynı cerrahi protokol uygulandı. Cerrahi hazırlık aşamaları ilk operasyonla aynı şekilde gerçekleştirildi. Bu kez kök yüzeylerine PrefGel® ile 30 saniye süreyle koşullandırma uygulandı, ardından serum fizyolojik ile yıkandı ve Emdogain® (Straumann, Basel, İsviçre) kök yüzeylerine uygulandı. Daha sonra subepitelyal bağ dokusu grefti tünel içerisine yerleştirilerek rehber ve askı sütürleri ile stabilize edildi. Donör sahada hemostaz amacıyla Spongostan® kullanıldı ve yüzey PeriAcryl® ile kapatıldı.

Her iki cerrahi girişimin ardından aynı postoperatif ilaç protokolü uygulandı ve hastaya ağız hijyeninin sürdürülmesine yönelik öneriler ayrıntılı olarak anlatıldı. Donör saha sütürleri birinci haftada, alıcı saha sütürleri ise ikinci haftada uzaklaştırıldı. Takip süresince herhangi bir postoperatif komplikasyon gelişmedi. Altıncı ay kontrolünde her iki cerrahi bölgede de tam kök örtmesi elde edildi ve hastanın estetik kaygı ile dentin hassasiyeti şikâyetlerinin tamamen ortadan kalktığı belirlendi. Emdogain® uygulanmayan ilk cerrahi girişim sonrasında VAS ağrı skorları 1., 3., 7. ve 14. günlerde sırasıyla 7, 5, 1 ve 0 olarak kaydedilirken, Emdogain® uygulanan ikinci cerrahi girişim sonrasında aynı zaman noktalarındaki skorlar sırasıyla 3, 1, 0 ve 0 olarak belirlendi. Hasta ayrıca ikinci cerrahi girişimin ardından iyileşme sürecini ilk operasyona göre daha konforlu geçirdiğini ve günlük yaşamına daha kısa sürede dönebildiğini ifade etti. Bu subjektif değerlendirme, hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütleri (PROMs) ile de desteklendi. Klinik değerlendirmelerde ise Emdogain® ve PeriAcryl® uygulanan bölgede erken dönem yumuşak doku iyileşmesinin daha düzenli olduğu gözlemlendi. Tablo 1’de iki farklı operasyonun postoperatif 1., 3., 7. ve 14. günlerinin VAS ağrı skorları gösterilmektedir.

Tablo 1. Operasyonların postoperatif 1., 3., 7. ve 14. günlerinin VAS ağrı skorları

	Emdogain(-)/periacryl(-)	Emdogain(+)/periacryl(+)
1.gün	7	3
3.gün	5	1
7. gün	1	0
14.gün	0	0

22-23 no’lu bölge





14-15-16 no 'lu bölge





3. TARTIŞMA

Bu olgu sunumunda, bilateral çoklu diş eti çekilmelerinin tedavisinde subepitelyal bağ dokusu grefti ile kombine edilen tünel tekniği her iki cerrahi girişimde de başarılı klinik sonuçlar sağlamıştır. Altıncı ay değerlendirmesinde her iki bölgede tam kök örtmesi elde edilmiş, estetik beklentiler karşılanmış ve başlangıçta mevcut olan dentin hassasiyeti tamamen ortadan kalkmıştır. Bununla birlikte, ikinci cerrahi girişim sonrasında postoperatif ağrı skorlarının daha düşük olması ve hastanın iyileşme sürecini daha konforlu olarak değerlendirmesi, biyolojik ajan kullanımının hasta merkezli sonuçlar üzerindeki olası etkisini düşündürmektedir.

Bununla birlikte, bu bulgunun yalnızca Emdogain® uygulamasına bağlanması doğru olmayacaktır. Cerrahi işlemlerin farklı zamanlarda gerçekleştirilmiş olması, ikinci girişimde

PrefGel®, Emdogain® ve PeriAcryl® gibi ek materyallerin kullanılması ile ilk cerrahi deneyimin hastanın ikinci operasyona adaptasyonunu etkileyebilmiş olması göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, elde edilen hasta merkezli sonuçların birden fazla faktörün etkisiyle şekillenmiş olabileceği değerlendirilmelidir. Buna rağmen, bu olgu klinik başarının yalnızca kök örtme oranı veya periodontal parametreler üzerinden değerlendirilmesinin yeterli olmayabileceğini göstermektedir. Postoperatif ağrı, iyileşme konforu ve hasta memnuniyeti gibi hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütlerinde tedavi başarısının önemli bileşenleri olduğu görülmektedir. Bu nedenle, periodontal plastik cerrahiye yönelik gelecekteki klinik çalışmalarda objektif klinik bulguların hasta merkezli değerlendirmeler ile ele alınmasının daha kapsamlı sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir (Newaskar ve ark., 2024).

Bu olguda her iki cerrahi bölgede de altıncı ay sonunda tam kök örtmesi elde edildi. Bu sonuç, subepitelyal bağ dokusu grefti ile uygulanan tünel tekniğinin uygun olgularda başarılı ve öngörülebilir sonuçlar sağlayabildiğini göstermektedir. Tünel tekniğinin papiller dokuların bütünlüğünü koruması ve greftin vasküler beslenmesini sürdürmesi, bu başarının temel nedenleri arasında gösterilmektedir (Tavelli ve ark., 2018). Benzer şekilde, son yıllarda yayımlanan sistematik derlemeler ve meta-analizlerde de bu tekniğin yüksek kök örtme oranları ve başarılı estetik sonuçlar sağlayabildiği bildirilmiştir (Chambrone ve Tatakis, 2015; Toledano-Osorio ve ark., 2022; Mayta-Tovalino ve ark., 2023). Çalışmamızda elde edilen klinik bulgular da bu sonuçları desteklemektedir.

Bu olguda her iki cerrahi girişimde de tam kök örtmesi elde edilmesine rağmen, Emdogain® uygulanan bölgede postoperatif ağrı düzeylerinin daha düşük olması ve hastanın iyileşme sürecini daha konforlu olarak değerlendirmesi dikkat çekmiştir. Bununla birlikte, bu farklılığın yalnızca mine matriks türevine bağlı olduğunu söylemek mümkün değildir. Literatürde de Emdogain®'in kök örtme cerrahilerine sağladığı ek klinik katkıya ilişkin farklı sonuçlar bildirilmektedir. Discepoli ve ark. (2019) ile Hasuike ve ark. (2024), Emdogain® kullanımının kök örtme miktarı, klinik ataşman kazancı ve diğer temel periodontal parametreler üzerinde belirgin bir üstünlük sağlamadığı sonucuna ulaşmıştır. Buna karşın, Górski ve ark. (2020) kök örtme başarısının benzer olmasına rağmen Emdogain® uygulanan hastalarda postoperatif ağrının daha düşük olduğunu ve estetik sonuçların daha olumlu değerlendirildiğini bildirmiştir. Bizim olgumuzda da klinik başarı her iki bölgede benzer olmasına rağmen, hasta tarafından bildirilen sonuçların Emdogain® uygulanan bölgede daha olumlu olması bu bulgularla paralellik göstermektedir.

Bizim olgumuzda da Emdogain® uygulanan ve uygulanmayan bölgelerde benzer klinik sonuçlar elde edildi. Buna karşın, hasta ikinci cerrahi girişimin ardından daha düşük ağrı skorları bildirmiş ve iyileşme sürecini daha konforlu olarak değerlendirmiştir. Bu bulgu, Górski ve ark. tarafından bildirilen hasta merkezli sonuçlarla benzerlik göstermektedir (Górski ve ark., 2020). Bununla birlikte, iki cerrahi girişimin farklı zamanlarda uygulanmış olması, ikinci operasyonda PeriAcryl® gibi ek materyallerin kullanılması ve tek bir olgu üzerinden değerlendirme yapılmış olması nedeniyle, gözlenen farklılığın yalnızca Emdogain® uygulamasından kaynaklandığını söylemek mümkün değildir.

Son yıllarda periodontal plastik cerrahide hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütlerinin önemi giderek artmaktadır. Klinik olarak benzer başarı elde edilen tedavilerde bile ağrı, ödem, fonksiyonel kısıtlılık ve estetik memnuniyet açısından farklı sonuçlar görülebileceği bildirilmektedir (Newaskar ve ark., 2024). Molga-Chlipała ve ark. tarafından çoklu diş eti çekilmelerinde modifiye koronal ilerletilmiş tünel tekniğinin değerlendirildiği çalışmada da farklı biyolojik materyaller arasında klinik sonuçlar benzer olmasına rağmen hasta memnuniyeti ve erken dönem postoperatif deneyimde farklılıklar görülebileceği bildirilmiş; tedavi başarısının değerlendirilmesinde PROMs'un klinik parametrelerle birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Molga-Chlipała ve ark., 2026).

İkinci cerrahi girişimde donör saha yönetiminde PeriAcryl® kullanılmış olması da postoperatif sürecin daha konforlu geçmesine katkı sağlamış olabilir. Siyanoakrilat bazlı doku adezivlerinin yara stabilitesini artırabildiği, kanama kontrolünü kolaylaştırabildiği ve hasta konforunu olumlu yönde etkileyebildiği bildirilmesine rağmen, periodontal plastik cerrahide bu materyallere ilişkin klinik kanıtlar henüz sınırlıdır. Bu nedenle olgumuzda gözlenen daha düşük ağrı skorları ve daha olumlu hasta deneyiminin yalnızca Emdogain® uygulamasıyla açıklanması doğru olmayacaktır. Donör saha yönetiminde kullanılan PeriAcryl®'in de iyileşme sürecine katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmektedir.

Bu olgu sunumunun bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle değerlendirmeler tek bir hastaya ait gözlemlere dayanmaktadır. Ayrıca iki cerrahi girişimin üç ay arayla gerçekleştirilmiş olması ve ikinci operasyonda PrefGel®, Emdogain® ile birlikte donör sahada PeriAcryl® kullanılması, postoperatif sonuçların tek bir biyolojik ajana bağlanmasını güçleştirmektedir. Bunun yanında erken dönem yara iyileşmesi klinik olarak izlenmiş olmasına rağmen Erken Yara İyileşme Skoru (EHS) gibi objektif bir değerlendirme sistemi kullanılmamıştır (Marini ve ark.). Bu nedenle elde edilen bulguların daha geniş hasta gruplarına genellenmesi mümkün değildir. Buna rağmen, her iki cerrahi girişimde de başarılı klinik sonuçlar elde edilirken,

Emdogain® ve PeriAcryl® uygulanan bölgede daha düşük VAS ağrı skorlarının kaydedilmesi ve hastanın iyileşme sürecini daha konforlu olarak değerlendirmesi, periodontal plastik cerrahide klinik bulguların hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütleri ile birlikte değerlendirilmesinin önemini desteklemektedir (Newaskar ve ark., 2024; Molga-Chlipala ve ark., 2026). Daha geniş örneklemlili, kontrollü klinik çalışmalarda klinik periodontal parametrelerin yanı sıra hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütleri ve erken yara iyileşmesini değerlendiren objektif ölçütlerin birlikte kullanılması, biyolojik ajanlar ile yardımcı materyallerin periodontal plastik cerrahideki katkısının daha güvenilir biçimde ortaya konmasına katkı sağlayacaktır.

4. SONUÇLAR

Bu olgu sunumunda, subepitelyal bağ dokusu grefti ile desteklenen tünel tekniği kullanılarak her iki tedavi bölgesinde de başarılı kök örtmesi elde edilmiş ve altıncı ay sonunda estetik kaygılar ile dentin hassasiyeti tamamen ortadan kalkmıştır. Emdogain® ve PeriAcryl® uygulanan bölgede daha düşük VAS ağrı skorlarının kaydedilmesi ve hastanın iyileşme sürecini daha konforlu olarak değerlendirmesi, periodontal plastik cerrahide tedavi başarısının yalnızca klinik sonuçlarla değil, hasta tarafından bildirilen sonuçlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, cerrahi girişimlerin farklı zamanlarda uygulanmış olması ve ikinci operasyonda birden fazla biyolojik materyalin birlikte kullanılması nedeniyle elde edilen hasta merkezli bulgular temkinli yorumlanmalıdır. Bu konuda daha güçlü kanıtların elde edilebilmesi için, klinik periodontal parametreler ile hasta tarafından bildirilen sonuçların ve erken yara iyileşmesini değerlendiren objektif ölçütlerin birlikte ele alındığı kontrollü klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

5. KAYNAKÇA

- Cairo, F., Nieri, M., Cincinelli, S., Mervelt, J., & Pagliaro, U. (2011). The interproximal clinical attachment level to classify gingival recessions and predict root coverage outcomes: An explorative and reliability study. *Journal of Clinical Periodontology*, 38(7), 661–666. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2011.01732.x>
- Chambrone, L., & Tatakis, D. N. (2015). Periodontal soft tissue root coverage procedures: A systematic review from the AAP Regeneration Workshop. *Journal of Periodontology*, 86(2 Suppl.), S8–S51. <https://doi.org/10.1902/jop.2015.130674>
- Cortellini, P., & Bissada, N. F. (2018). Mucogingival conditions in the natural dentition: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S204–S213. <https://doi.org/10.1002/JPER.16-0671>
- Discepoli, N., Mirra, R., & Ferrari, M. (2019). Efficacy of enamel derivatives to improve keratinized tissue as adjunct to coverage of gingival recessions: A systematic review and meta-analysis. *Materials*, 12(17), 2790. <https://doi.org/10.3390/ma12172790>
- Górski, B., Górski, R., Wysokińska-Miszczyk, J., & Kaczyński, T. (2020). Tunnel technique with enamel matrix derivative in addition to subepithelial connective tissue graft compared with connective tissue graft alone for the treatment of multiple gingival recessions: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 24(12), 4475–4486. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03312-6>

- Hasuike, A., Watanabe, T., Hirooka, A., Arai, S., Akutagawa, H., Yoshinuma, N., & Sato, S. (2024). Enamel matrix derivative monotherapy versus combination therapy with bone grafts for periodontal intrabony defects: An updated review. *Japanese Dental Science Review*, 60, 239–249. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2024.08.001>
- Lee, J. H., & Kim, Y. T. (2025). Modified tunnel technique with and without enamel matrix derivative for deep and narrow gingival recession in the mandibular anterior region: A 3-year longitudinal and retrospective cohort population-based study. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 55(4), 295–305. <https://doi.org/10.5051/jpis.2400760038>
- Marini, L., Sahrman, P., Rojas, M. A., Cavalcanti, C., Pompa, G., Papi, P., & Pilloni, A. (2019). Early wound healing score (EHS): An intra- and inter-examiner reliability study. *Dentistry Journal*, 7(3), 86. <https://doi.org/10.3390/dj7030086>
- Mayta-Tovalino, F., Barboza, J. J., Pasupuleti, V., & Hernandez, A. V. (2023). Efficacy of tunnel technique (TUN) versus coronally advanced flap (CAF) in the management of multiple gingival recession defects: A meta-analysis. *International Journal of Dentistry*, 2023, Article 8671484. <https://doi.org/10.1155/2023/8671484>
- Molga-Chlipała, N., Górski, B., & Wyszynska-Pomian, M. (2026). Patient-reported outcomes after multiple recession coverage with modified coronally advanced tunnel technique and bilaminar subepithelial connective tissue graft: A retrospective analysis [Preprint]. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202603.0282.v1>
- Newaskar, D. P., & Motadu, P. N. (2024). Patient-reported outcomes after periodontal surgical procedures. *Cureus*, 16(7), e63818. <https://doi.org/10.7759/cureus.63818>
- Sculean, A., Schwarz, F., Becker, J., & Brex, M. (2007). The application of an enamel matrix protein derivative (Emdogain) in regenerative periodontal therapy: A review. *Medical Principles and Practice*, 16(3), 167–180. <https://doi.org/10.1159/000100386>
- Tavelli, L., Barootchi, S., Nguyen, T. V. N., Tattan, M., Ravidà, A., & Wang, H. L. (2018). Efficacy of tunnel technique in the treatment of localized and multiple gingival recessions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Periodontology*, 89(9), 1075–1090. <https://doi.org/10.1002/JPER.18-0066>
- Toledano-Orsorio, M., Muñoz-Soto, E., Toledano, M., Vallecillo-Rivas, M., Vallecillo, C., Ramos-García, P., & Orsorio, R. (2022). Treating gingival recessions using coronally advanced flap or tunnel techniques with autografts or polymeric substitutes: A systematic review and meta-analysis. *Polymers*, 14(7), 1453. <https://doi.org/10.3390/polym14071453>
- Yadav, A. P., Kulloli, A., Shetty, S., Ligade, S. S., Martande, S. S., & Gholkar, M. J. (2018). Subepithelial connective tissue graft for the management of Miller's class I and class II isolated gingival recession defect: A systematic review of the factors influencing the outcome. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 9(3), e12325. <https://doi.org/10.1111/jicd.12325>

TÜRK POPÜLASYONUNDA ALZHEİMER HASTALIĞI VE ABCA7 rs3764650 GENOTİPLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Recep ÇELİK

Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology, Ankara, Türkiye

ORCID ID: 0009-0003-2939-1009

Prof. Dr. Hakkı TAŞTAN

Gazi University, Faculty of Science, Department of Biology, 06500 Teknikokullar, Ankara, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-9540-2931

ÖZET

Dünya çapında demansın en sık görülen formu olan Alzheimer hastalığı (AH), bilişsel yeteneklerde ilerleyici yıkım ile karakterize nörodejeneratif bir tablodur. AH'nin genetik altyapısında, özellikle amiloid beta temizlenmesi, immün sistem regülasyonu ve lipid metabolizmasında kilit görevler üstlenen ABCA7 geni, geç başlangıçlı vakalar için dikkate değer bir risk faktörü olarak öne çıkmaktadır. Bu araştırmanın temel amacı, ABCA7 geninde yer alan rs3764650 polimorfizminin Türk toplumundaki Alzheimer hastalığı riski ile olan muhtemel bağlantısını değerlendirmektir. Çalışma kapsamında, klinik olarak AH teşhisi konmuş 86 birey ile herhangi bir psikiyatrik veya nörolojik rahatsızlığı bulunmayan 86 sağlıklı kontrol (yaş $\geq$ 50) olmak üzere toplam 172 katılımcı incelenmiştir. Gönüllülerden alınan periferik kan örneklerinden genomik DNA eldesi gerçekleştirilmiş ve hedef bölge polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ile çoğaltıldıktan sonra Taal restriksiyon enzimi vasıtasıyla restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (RFLP) tekniği kullanılarak genotiplendirme yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler, ikili lojistik regresyon ve Ki-kare testi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, TT, TG ve GG genotip dağılımları hem hasta hem de kontrol grubunda sırasıyla %81,4, %16,3 ve %2,3 olarak belirlenmiş olup, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Allel frekansları ise T alleli için %89,5, G alleli için %10,5 olarak saptanmıştır. Elde edilen bulgular, çalışılan popülasyonda ABCA7 rs3764650 varyantının Alzheimer hastalığına yakınlıkta bağımsız bir risk unsuru oluşturmadığını göstermektedir. Hastalığın genetik etiyolojisinin daha net anlaşılabilmesi adına, daha büyük örneklem gruplarında, APOE allel durumunun ve ABCA7'deki diğer nadir varyantların da hesaba katıldığı ileri çalışmalara gereksinim vardır.

Anahtar kelimeler: Alzheimer hastalığı; ABCA7 geni; rs3764650; genetik yakınlık; PCR-RFLP

INVESTIGATING THE ASSOCIATION BETWEEN ALZHEIMER'S DISEASE AND ABCA7 RS3764650 GENOTYPES IN THE TURKISH POPULATION

ABSTRACT

Alzheimer's disease (AD), the most prevalent form of dementia worldwide, is a progressive neurodegenerative condition characterized by a severe decline in cognitive abilities. Within the genetic landscape of AD, the ABCA7 gene—which plays pivotal roles in amyloid beta clearance, immune system regulation, and lipid metabolism—has emerged as a notable susceptibility factor for late-onset cases. The primary objective of this research was to evaluate the potential association of the rs3764650 polymorphism in the ABCA7 gene with Alzheimer's disease risk in the Turkish population. The study cohort consisted of 172 participants aged 50 and older, comprising 86 clinically diagnosed AD patients and 86 healthy controls devoid of any psychiatric or neurological disorders. Genomic DNA was extracted from the peripheral blood samples of the volunteers. Following the amplification of the target region via polymerase chain reaction (PCR), genotyping was conducted using the restriction fragment length polymorphism (RFLP) technique with the *TaaI* restriction enzyme. Statistical assessments were performed utilizing binary logistic regression and the Chi-square test. According to the analysis, the distributions of TT, TG, and GG genotypes were identified as 81.4%, 16.3%, and 2.3%, respectively, in both the patient and control groups, revealing no statistically significant differences between the cohorts ($p > 0.05$). Allele frequencies were determined to be 89.5% for the T allele and 10.5% for the G allele. These findings suggest that the ABCA7 rs3764650 variant does not constitute an independent risk factor for Alzheimer's susceptibility in the studied sample. To further elucidate the genetic etiology of the disease, comprehensive studies involving larger cohorts, alongside the consideration of APOE allele status and other rare variants in the ABCA7 gene, are warranted.

Keywords: Alzheimer's disease; ABCA7 gene; rs3764650; genetic susceptibility; PCR-RFLP

ÇEVRESEL ÖRNEKLERDE İNSAN SAĞLIĞINI TEHDİT EDEN PATOJENİK SERBEST YAŞAYAN AMİPLERİN MOLEKÜLER TESPİTİ

Altan AKINEDEN

Aksaray University, Faculty of Science, Department of Microbiology, 68100, Aksaray

ORCID ID: 0000-0002-1434-6892

Fadime EROGLU

Aksaray University, Faculty of Science, Department of Microbiology, 68100, Aksaray

ORCID ID: 0000-0003-2179-1326

ÖZET

Serbest yaşayan amipler (SYA) olarak bilinen *Acanthamoeba* spp., *Balamuthia* spp., *Naegleria* spp. ve *Sappinia* spp. türleri doğada yaygın olarak bulunan, insanlarda çeşitli enfeksiyonlara neden olan ve erken tanı konulmadığında ölümcül olan parazitlerdir. Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'ndeki Aksaray iline bağlı ilçelerden farklı toprak ve su örneklerinde bulunan SYA türlerini moleküler yöntemler ile değerlendirmek amaçlanmıştır.

Çalışmada tarım toprağı (n=80), sulama suyu (n=40), gölet suyu (n=36), termal su (n=6) ve kaynak suyu (n=14) olmak üzere toplam 176 çevre örneği incelenmiştir. Çevre örneklerinden E.Z.N.A® Water-Soil DNA kiti (Omega Bio-Tek, Norcross, Atlanta) kullanılarak DNA izole edilmiştir. DNA örnekleri amip türlerine özgü primerler kullanılarak PCR yöntemiyle analiz edilmiştir. *Acanthamoeba* spp. için JDP, *Balamuthia* spp. için *Balspec*, *Naegleria* spp. için Nae3 ve *Sappinia* spp. için Sapp primerleri kullanılmıştır. Her bir parazit için farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış toplam 25 µl'lik PCR karışımları farklı sıcaklıklarda yaklaşık iki saat süren bir PCR programı ile analiz edilmiştir.

Çevre örneklerinin %42 (71/176)'inde SYA türleri tespit edilirken, %58 (105/176)'inde SYA türleri tespit edilmemiştir. SYA'ların ilçelere göre dağılımları incelendiğinde en fazla Eski ilinde (%55,5) sonrasında ise Sultanhanı'nda (%47,6) tespit edildiği ortaya konmuştur. Çalışmada SYA türlerini belirlemek için yapılan PCR sonuçları değerlendirildiğinde, bölgede en sık *Acanthamoeba* spp (%59,1) türü bulunmuş; bu paraziti sırasıyla *Balamuthia* spp (%19,8), *Naegleria* spp (%16,9) ve *Sappinia* spp (%4,2) türleri izlemiştir. SYA'ların çevresel örneklerde saptanma yoğunlukları karşılaştırıldığında ise en fazla tarım topraklarında SYA'lar tespit edilmiştir.

Aksaray ilinin farklı ilçelerinden toplanan su ve toprak örneklerinde SYA'ların yaygın olarak bulunduğu ve bu amipler arasında *Acanthamoeba* spp.'nin en yüksek prevalansa sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca *Balamuthia* spp., *Naegleria* spp. ve *Sappinia* spp. gibi halk sağlığı açısından önemli patojenlerin çevresel örneklerde tespit edilmesi, bölgedeki çevresel kaynakların halk sağlığı açısından potansiyel enfeksiyon riski taşıdığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Aksaray, Serbest Yaşayan Amipler, Moleküler Epidemiyoloji

**MOLECULAR DETECTION OF PATHOGENIC FREE-LIVING AMOEBAE
THREATENING HUMAN HEALTH IN ENVIRONMENTAL SAMPLES
ABSTRACT**

Free-living amoebas (FLAs), namely *Acanthamoeba* spp., *Balamuthia* spp., *Naegleria* spp., and *Sappinia* spp., are parasites commonly found in nature that cause various infections in humans and can be fatal if not diagnosed early. This study aimed to evaluate the types of SYA (Systemic Organic Cathodes) present in different soil and water samples from districts of Aksaray province in the Central Anatolia Region using molecular methods.

In this study, a total of 176 environmental samples were examined, including agricultural soil (n=80), irrigation water (n=40), pond water (n=36), thermal water (n=6), and spring water (n=14). DNA was isolated from the environmental samples using the E.Z.A.N® Water-Soil DNA Kit (Omega Biotek, Norcross, Atlanta). DNA samples were analyzed using PCR with primers specific to amoeba species. The JDP primer was used for *Acanthamoeba* spp., the Balspec primer for *Balamuthia* spp., the Nae3 primer for *Naegleria* spp., and the Sapp primer for *Sappinia* spp. PCR mixtures of 25 µl, prepared at different concentrations for each parasite, were analysed using a PCR programme lasting approximately two hours at different temperatures.

SYA species were detected in 42% (71/176) of the environmental samples, while no SYA species were detected in 58% (105/176). When the distribution of SYAs (Student Locust Acids) by district was examined, they were found most frequently found in Eskişehir district (55.5%), followed by Sultanhanı (47.6%). When the PCR results used to identify SYA species in the study were evaluated, *Acanthamoeba* spp (59.1%) was found to be the most frequent species in the region; this parasite was followed by *Balamuthia* spp (19.8%), *Naegleria* spp (16.9%) and *Sappinia* spp (4.2%), respectively. When comparing the detection densities of SYAs in environmental samples, SYAs were found most frequently detected in agricultural soils.

Water and soil samples collected from different districts of Aksaray province revealed the widespread presence of SYAs (Systemic Amoeba Failures), with *Acanthamoeba* spp. having the highest prevalence among these amoebas. The study also showed that the environmental samples contained pathogens of public health importance, such as *Balamuthia* spp., *Naegleria* spp., and *Sappinia* spp., indicating that environmental resources in the region pose a potential infection risk to public health.

Keywords: Aksaray, free-living amoebas, molecular epidemiology

OCIMUM BASILICUM L.'DEN KATALAZ ENZİMİNİN SAFLAŞTIRILMASI, BİYOKİMYASAL KARAKTERİZASYONU VE FARKLI GLUKOZ KONSANTRASYONLARININ ENZİM AKTİVİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Nuri GÜLEŞCİ

Gümüşhane Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 29100 Merkez, Gümüşhane

ORCID ID: 0000-0002-1255-2772

Sinem YILDIRIM

Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Laboratuvar Teknolojisi Bölümü, 29100 Merkez, Gümüşhane

ORCID ID: 0009-0005-4084-7382

ÖZET

Bu çalışmada, tıbbi ve aromatik açıdan öneme sahip fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinden antioksidan bir enzim olan katalazın (EC 1.11.1.6) saflaştırılması, biyokimyasal ve kinetik özelliklerinin karakterize edilmesi ile farklı glukoz konsantrasyonlarının enzim aktivitesi üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Taze fesleğen yapraklarından hazırlanan ham ekstrakt sırasıyla amonyum sülfat (NH₄)₂SO₄ çöktürmesi, diyaliz ve PD-10 Sephadex G-25M kolonu ile tuzdan arındırma/tampon değişimi işlemlerine tabi tutulmuştur. Katalaz enzimi, DEAE-Sephadex A50 iyon değişim kromatografisi kullanılarak saflaştırılmıştır. Enzimin saflığı ve moleküler ağırlığı SDS-PAGE ile analiz edilmiştir. Karakterizasyon çalışmaları kapsamında optimum pH, optimum sıcaklık, H₂O₂ substratına karşı kinetik parametreler (K_M ve V_{max}) Lineweaver-Burk grafikleriyle belirlenmiş; ayrıca 25–500 ppm aralığındaki glukoz konsantrasyonlarının katalaz aktivitesine etkisi spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

DEAE-Sephadex A50 kromatografisi sonucunda katalaz enzimi 633.33 U/mg spesifik aktivite ve 23.51 saflaştırma oranı ile elde edilmiştir. SDS-PAGE analizinde enzimin moleküler ağırlığının 50–75 kDa aralığında olduğu saptanmıştır. Biyokimyasal karakterizasyonda optimum pH 7.0 ve optimum sıcaklık 25 °C olarak bulunmuştur. H₂O₂ substratına ait kinetik sabitler V_{max} = 76.34 U/mL ve K_M = 32.83 mM olarak hesaplanmıştır. Glukoz etkisi deneylerinde, enzim aktivitesinin 25–100 ppm aralığında yükseldiği, 250 ppm'de belirgin bir düşüş gösterdiği ve 500 ppm'de yeniden artışa geçtiği gözlenmiştir.

Ocimum basilicum L. bitkisinden katalaz enzimi yüksek saflıkta izole edilmiş ve karakterize edilmiştir. Glukozun katalaz aktivitesi üzerinde konsantrasyona bağlı bifazik bir modülasyon sergilemesi, glukoz metabolizması ve hücrel redoks dengesi arasındaki etkileşimlerin anlaşılması açısından önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: *Ocimum basilicum* L., katalaz, saflaştırma, DEAE-Sephadex, glukoz etkisi

PURIFICATION AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CATALASE FROM *OCIMUM BASILICUM* L.: INFLUENCE OF GLUCOSE CONCENTRATION ON ENZYME ACTIVITY

ABSTRACT

This study aimed to purify the antioxidant enzyme catalase (EC 1.11.1.6) from *Ocimum basilicum* L., characterize its biochemical and kinetic properties, and evaluate the effects of varying glucose concentrations on its enzymatic activity.

Crude extract prepared from fresh basil leaves was subjected to ammonium sulfate $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ precipitation, dialysis, and desalting/buffer exchange using a PD-10 Sephadex G-25M column. Catalase was purified using DEAE-Sephadex A50 ion-exchange chromatography. SDS-PAGE was used to analyze purity and molecular weight. Optimum pH, optimum temperature, and kinetic parameters (K_M and $V_{\max}$) for H_2O_2 were determined via Lineweaver-Burk plots. In addition, the effect of glucose (25–500 ppm) on catalase activity was spectrophotometrically assessed.

Catalase was purified with a specific activity of 633.33 U/mg protein and a purification fold of 23.51. SDS-PAGE revealed a molecular weight of 50-75 kDa. Optimum pH and temperature were 7.0 and 25 °C, respectively. Kinetic parameters for H_2O_2 were $V_{\max} = 76.34$ U/mL and $K_M = 32.83$ mM. Glucose assays showed an increase in activity between 25–100 ppm, a significant reduction at 250 ppm, and a subsequent recovery at 500 ppm.

Catalase was successfully purified and characterized from *Ocimum basilicum* L. The concentration-dependent biphasic effect of glucose on catalase activity highlights potential regulatory mechanisms between glucose levels and cellular redox homeostasis.

Keywords: *Ocimum basilicum* L., catalase, purification, DEAE-Sephadex, glucose influence

BAZI YENİ KONUKÇU KAYITLARI İLE BİRLİKTE *RHEUM RIBES* (POLYGONACEAE)'İN ENTOMOFAUNASI (ARTHROPODA, INSECTA) ÜZERİNE

Dr. Öğr. Üyesi Muhabbet KEMAL

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Van, Türkiye

e-mail: muhabbet_kemal@yahoo.com.tr ID: 0000-0003-0183-4050

Dr. Hanife UÇAK

Centre for Entomological Studies Ankara

e-mail: ucakhanife@gmail.com ID: 0000-0002-3148-6678

Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer ÇİRİĞ SELÇUK

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Van, Türkiye

e-mail: nilufersel@yyu.edu.tr ID: 0000-0002-8596-5711

ÖZET

Bu çalışmada, *Aphelia peramplana* (Tortricidae) ve *Malacosoma castrensis* (Lasiocampidae) türlerinin yeni besin bitkisi Işgın (*Rheum ribes*) ve bu bitki üzerinde beslenen diğer böcek türleri hakkında bilgi verilmektedir. Besin bitkileri arasında Işgın, özellikle Türkiye'nin doğusunda gerçekleştirilen böcek araştırmalarında önemli bir konukçu bitki olarak öne çıkmaktadır. Araştırma sonuçları, Işgın'ı sadece Pulkanatlılar (Lepidoptera) takımına ait türler tarafından değil, aynı zamanda farklı böcek takımlarına mensup birçok tür tarafından da besin olarak tercih edildiğini göstermektedir.

Işgın, insanlar tarafından da yoğun tüketilen ekonomik ve tıbbi açıdan önemli değere sahip bir bitki türüdür. Türkiye'nin yanı sıra, Orta Asya ve Orta Doğu'da da önemli bir farmasötik hammadde kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bölgede Işgın'ın yoğun tüketimi ve farklı amaçlarla yaygın kullanımı hem bitkinin varlığını hem de ülkemizde bir tek bu bitki üzerinde beslenen (monofag) ve endemik tür, Işgın Zümrütü (*Callophrys mystaphia*) kelebeğinin geleceğini tehdit etmektedir. Bu çalışma, aynı zamanda son günlerde acil eylem planı çerçevesinde Işgın'ın korumasına yönelik alınacak tedbirlerin, bu bitkiyle ilişkili böcek türlerinin de korunması açısından hayati önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Yüz milyonlarca yıl öncesinde başlayan bitki-böcek ilişkisinde, geçmiş jeolojik dönemlerden günümüze kadar bitkilerle birlikte evrimleşerek gelen böceklerin yaklaşık %25-35'lik bir bölümü bitkisel beslenmektedir. Bitki-böcek ilişkisi üzerine gerçekleştirilen araştırmalar ve elde edilen bulgular; türlerin biyolojik gelişim sürecinin izlenmesi, yaşam alanlarının belirlenmesi ve bu bilgiler doğrultusunda türlerin doğal habitatlarında korumalarına yönelik stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Böcek takımları arasında Lepidoptera üyelerinin neredeyse tamamı, tür çeşitliliği bakımından ilk sırada yer alan Coleoptera türlerinin yaklaşık %37'si fitofagdır. Benzer şekilde, Hemiptera, Orthoptera,

Diptera ve Hymenoptera gibi böcek takımlarından bazı familyalar ait türler de yaşam döngülerinin bir bölümünde veya tamamında bitkisel beslenmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Işgın üzerinde tespit edilen yeni konukçular hakkında özgün bilgiler sunulurken, bitkinin korunması ve Işgın'ın entomofauna açısından önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Insecta, *Aphelia peramplana*, *Malacosoma castrensis*, Işgın, besin bitkisi, *Rheum ribes*, Türkiye.

ON THE ENTOMOFAUNA (ARTHROPODA, INSECTA) OF *RHEUM RIBES* (POLYGONACEAE) AND SOME NEW HOST RECORDS

ABSTRACT

This study provides information on the new host plant of *Aphelia peramplana* (Tortricidae) and *Malacosoma castrensis* (Lasiocampidae), Rhubarb (*Rheum ribes*), and other insect species that feed on this plant. Among food plants, Rhubarb stands out as a host plant, especially during insect research in eastern Türkiye. The research results indicate that Rhubarb is preferred as a food source not only by Lepidoptera but also by members of other insect orders.

Rhubarb is a plant species of significant economic and medicinal value, widely consumed by humans. Besides Turkey, it is also considered an important source of pharmaceutical raw materials in Central Asia and the Middle East. The intensive consumption and widespread use of rhubarb in the region for various purposes threatens both the existence of the plant and the future of the Rhubarb Emerald (*Callophrys mystaphia*) butterfly, an endemic species in our country that feeds exclusively on this plant (monophagous). This study also reveals that the measures to be taken for the protection of Rhubarb as part of the recent emergency action plan are vital for the protection of insect species associated with this plant.

In the plant-insect relationship that began hundreds of millions of years ago, approximately 25-35% of insects, which have evolved alongside plants since past geological periods, are herbivores. Research and findings on plant-insect relationships are vital for tracking the biological development of species, determining insects' natural habitats, and developing conservation strategies for species in their habitats based on this information.

Almost all members of the insect order Lepidoptera, and approximately 37% of the species of Coleoptera, which ranks first in terms of species diversity, are phytophagous. Similarly, some species belonging to families within insect orders such as Hemiptera, Orthoptera, Diptera, and Hymenoptera feed on plants for part or all of their life cycle.

This study presents original information about new hosts on *Rheum ribes*, while also highlighting the conservation of the plant and its importance for entomofuna.

Keywords: Insecta, *Aphelia peramplana*, *Malacosoma castrensis*, Rhubarb, food plant, *Rheum ribes*, Türkiye.

11. YÜZYILDA HUKUKİ SİSTEMATİZASYON DALGASI: SERAHSÎ, İŞHAK EL-FÂSÎ VE IVO de CHARTRES'İN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz GÖNAN

Gümüşhane University, Faculty of Theology, Department of Islamic Law, 29100 Merkez,
Gümüşhane

ORCID ID: 0000-0003-4420-4112

ÖZET

Onbirinci yüzyıl, İslam, Yahudi ve Hristiyan hukuk gelenekleri içi eş zamanlı bir entelektüel dönüşüm çağıdır. Bu bildiri, söz konusu dönüşümü üç temsil edici isim üzerinden karşılaştırmalı biçimde incelemektedir. Hanefî fıkhnın büyük sistematisyeni Şemsülemme es-Serahsî (ö. 1090 civarı), Maimonides öncesinin en kapsamlı Yahudi hukuku kodifikasyoncusu İshak el-Fâsî/Rîf (1013-1103) ve Kanonik hukukun Gratianus'a zemin hazırlayan öncüsü Ivo de Chartres (1040-1115). Bu yüzyıl, Avrasya ve Akdeniz havzasındaki medeniyetlerin paralel hukukî arayışlar içerisine girdiği ve hukukun rasyonel bir disiplin olarak yeniden doğduğu istisnâ bir dönemi temsil etmektedir. Bu dönemde her üç isim mevcut metin çokluğu ve kurumsal krizlere yönelik anıtsal nitelikte sistematizasyon çalışmaları ortaya koymuşlardır. Serahsî, Karahanlılar döneminde hapsedildiği zindanda hafızasına dayanarak dikte ettirdiği otuz ciltlik *el-Mebsût* adlı eseriyle Hanefî fıkhnı rasyonel bir doktrin olarak konsolide etmiştir. Eşzamanlı olarak Kuzey Afrika ve Endülüs havzasında faaliyet gösteren İshak el-Fâsî, *Sefer Ha-Halachot* adlı eseriyle Bâbil Talmudu'nu pratik hukukî kararlara (Halakha) indirgeyerek sadeleştirmiştir. el-Fâsî, karmaşık diyalektik tartışmaları ayıklayarak “Little Talmud” olarak anılan eserini oluşturmuş ve Yahudi hukukunun diaspora şartlarında bölünmeden yaşamasını sağlayan temel bir sütun inşa etmiştir. Batı'da ise Chartres Piskoposu Ivo, Atama Krizi ve Gregorian Reformu'nun çalkantılı ortamında piskoposluk otoritesini ve kilise hukukunu standardize etmeyi amaçlayan *Dexterum* ve *Panormia* gibi koleksiyonlar ortaya koymuştur. Bu üç hukukçunun çalışmaları, kazuistik ve dağınık geleneksel metinlerin yerini genel ilkelerden oluşan sistematik bir yapıya bırakmasını sağlayarak kendi hukukî geleneklerinin metodolojik taşlarını döşemiştir. Bildiri, bu üç projenin aynı yüzyılda belirginleşmesinin tesadüfi olmadığını savunmaktadır. Söz konusu paralellikleri açıklamak için üç model önerilmektedir: (1) Doğrudan entelektüel transfer: Özellikle Gideon Libson'un Harvard yayınında kanıtladığı Yahudi-İslam hukuku etkileşimi; (2) Ortak tarihsel baskı: Akdeniz ticaret ağlarının genişlemesi, Aristoteles mantığının üç geleneğe nüfuzu ve artan yargı talebi; (3) Lena Salaymeh'in işaret ettiği metodolojik temkin: Her geleneğin kendine özgü dinamiklerini görmezden gelen basit etki-tepki modellerinin aşılması zorunluluğu. Çalışma, ortak eksenlerin yanı sıra Serahsî'nin

devlet kurumlarıyla eklemlenmiş hukuku, el-Fâsî'nin azınlık topluluğunu ayakta tutmaya çalışan pratik kodifikasyonu ve Ivo'nun laik güçlerle rekabet eden Kilise hukukunun özerklik arayışı gibi belirgin farklılıkları da ele almaktadır. Sonuç olarak bu karşılaştırma, hukukî sistematizasyonun evrensel bir entelektüel eğilimi yansıttığını, fakat her geleneğin bu eğilimi kendine özgü otorite, meşruiyet ve topluluk anlayışıyla biçimlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: 11. Yüzyıl, Hukukî sistematizasyon, Serahsî, İshak el-Fâsî/ Rif, Ivo de Chartres

THE WAVE of LEGAL SYSTEMATIZATION IN THE 11th CENTURY: A COMPARATIVE ANALYSIS of SARAHSÎ, ISAAC BEN JACOP ALFASÎ, and IVO of CHARTRES

ABSTRACT

The eleventh century was a time of concurrent intellectual transformation for Islamic, Jewish, and Christian legal traditions. The present article undertakes a comparative study of this transformation through the medium of three exemplary figures: Shams al-Imâm al-Sarakhsî (d. c. 1090), the great systematiser of Ḥanafî fiqh; Isaac al-Fâsî (Alfasi, 1013–1103), the most comprehensive codifier of Jewish law prior to Maimonides; and Ivo of Chartres (1040–1115), the pioneer of canon law who paved the way for Gratian. This century is a unique moment, in which civilisations across Eurasia and the Mediterranean basin embarked on parallel juridical projects, and in which law was reborn as a rational discipline. Confronted with both an excess of inherited texts and institutional crises, all three scholars produced monumental works of systematisation. al-Sarakhsî, during the Qarakhânid period, was able to consolidate Ḥanafî fiqh as a rational doctrine in his thirty-volume al-Mabsûṭ, a work he dictated from memory while imprisoned in a dungeon. Contemporaneously, Isaac al-Fâsî, active in North Africa and al-Andalus, streamlined the Babylonian Talmud, distilling it into practical legal rulings (halakhah) in his Sefer ha-Halakhot. Al-Fâsî did away with long dialectical discussions and fashioned the “Little Talmud”, an essential pillar that safeguarded the coherence of Jewish law in the diaspora. In the Latin West, amidst the turmoil of the Investiture Controversy and the Gregorian Reform, Bishop Ivo of Chartres compiled collections like the Decretum and Panormia, in an effort to regularize episcopal authority and canon law. The oeuvres of these three jurists laid the methodological foundations of their respective legal traditions, replacing casuistic and atomistic textual corpora with systematic frameworks based on general principles. The article suggests that the fact that these three projects occurred in the same century is not a coincidence. These parallels are explained by three models: (1) direct intellectual transfer, especially through the interaction between Jewish and Islamic law, as shown by Gideon Libson in his Harvard

publication; (2) common historical pressures, such as the growth of Mediterranean trade networks, the influence of Aristotelian logic on all three traditions, and the increasing demand for adjudication; and (3) the necessity of methodological caution, highlighted by Lena Salaymeh, which warns against simplistic cause-and-effect models that obscure the distinctive internal dynamics of each tradition. Alongside these common threads, the study highlights salient differences: al-Sarakhsî's law was deeply integrated with state institutions, al-Fāsî's practical codification was aimed at sustaining a minority community, and Ivo's project was aimed at autonomy for ecclesiastical law in competition with secular powers. In the end this comparison shows that legal systematisation is the manifestation of a universal intellectual trend, but every tradition shapes this trend by its specific understanding of authority, legitimacy and community.

Keywords: 11th Century, Legal systematization, Sarakhsî, Isaac ben Jacop AlFasî/Rîf, Ivo of Chartres

1. TARİHSEL BAĞLAM VE SİSTEMATİZASYON İHTİYACI

Orta Çağ hukuk tarihi yazımı, geleneksel olarak İslâm hukuku, Yahudi hukuku (halakha) ve Kanonik hukuk çalışmalarının birbirinden yalıtılmış biçimde sürdürüldüğü disiplin sınırları içinde gelişmiştir. Bu ayrışma, aynı yüzyılda farklı geleneklerde ortaya çıkan benzer nitelikli metinlerin bir arada değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Nitekim 11. yüzyılda, birbirinden bağımsız coğrafyalarda faaliyet gösteren üç hukukçu –Serahsî, İshak el-Fâsî ve Ivo de Chartres- hukukî sistematizasyon bakımından biçimsel olarak birbirine yakın girişimlerde bulunmuşlardır.

Bu geleneklerin karşılaştırılma imkânı –özellikle İslâm ile Yahudi hukuku ekseninde- hukuk tarihçiliğinde sıkça gündeme getirilen klasik bir mesele olmakla birlikte, bu doğrultudaki çalışmalar görece az ve dağınık kalmıştır (Bk. David, 2010, s. 1). Üç geleneği aynı anda bir mercek altına alan incelemeler ise ikili karşılaştırmalara kıyasla enderdir. Bu ayrışma, aynı yüzyıl için farklı geleneklerde ortaya çıkan benzer nitelikteki metinlerin bir arada değerlendirilmesini güçleştirmektedir.

On birinci yüzyıl, Akdeniz havzasının üç büyük hukuk geleneğinde de aynı entelektüel sorunun eş zamanlı olarak öne çıktığı bir dönem olarak betimlenebilir. Nitekim yüzyıllar boyunca birikmiş, dağınık, tartışmacı ve çoğu zaman kendi içinde çelişen devasa bir hukukî mirası, kullanılabilir ve sistemli bir bütüne dönüştürme gerekliliği söz konusudur. Bu çalışma, söz konusu ortak sorunu çalışma başlığında zikredilen üç çağdaş hukukçu figür üzerinden okumaya çalışmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, söz konusu üç girişimi karşılaştırmalı bir çerçevede betimlemek ve aralarındaki biçimsel benzerlik ile bağlamsal farklılıkları ortaya koymaktır. Çalışma, bu benzerlikleri ortak bir tarihsel saike ya da tek bir nedensel modele bağlama iddiasında değildir. Böyle bir tercih karşılaştırmalı Yahudi-İslam hukuku alanındaki güncel bir metodolojik tartışmayla ilişkilidir. Salaymeh, alandaki yaygın karşılaştırma biçimlerinin post-Aydınlanma Avrupa'sında ortaya çıkan *karşılaştırmalı filoloji*, *karşılaştırmalı din* ve *karşılaştırmalı hukuk* şeklindeki üç disiplinin doğrusallık ve soyağacı vurgusunu miras aldığını ileri sürmekte; “etki” kavramının Yahudi ve İslam hukuk tarihlerine ilişkin evrimci/Darwinist bir anlayışa dayandığını, evrimsel bir anlatı dayatılarak Yahudi hukukunun İslam hukuku üzerindeki etkisi için belirli bir zaman ve yer belirlendiğini belirtmektedir (Bk. Salaymeh, 2015, s. 158). Salaymeh bu tespiti örneklerken doğrudan Libson'un çalışmasına atıfta bulunmaktadır. O'nun “İslâm'ın doğuşunun hemen ardından Yahudi hukukunun genç İslam sistemini etkilediği Geonik dönemde ise akışın yön değiştirdiği” yönündeki savını bu evrimci modelin bir örneği olarak sunmaktadır (Libson, 2003, s. 175'den akt. Salaymeh, 2015, s. 158; 23 nolu dipnot). Salaymeh'e göre bu tür gelişimsel/evrimsel hukuk tarihi anlayışı felsefi olarak savunulabilir nitelikte değildir ve sosyo-tarihsel alanların hukuku nasıl şekillendirdiğini de nedensel olarak açıklayamamaktadır (Salaymeh, 2015, s. 158).

Mevcut ihtilaf çalışmanın konumunu da belirlemektedir. Bir yanda Libson'un Geonik dönem üzerine yürüttüğü ve Yahudi hukukçularının İslam hukuku literatürüne başvurduğunu belgeleyen kapsamlı çalışması (Libson, 2003), diğer yanda Herman'ın Rabbanit hukuk teorisini İslam ve Karâî hukuk teorisine çok katmanlı bir diyalog içinde konumlandıran incelemesi (Herman, 2016) bulunmaktadır. Öte yandan Salaymeh, bu tür etkileşim anlatılarının metodolojik varsayımlarını da sorgulamaktadır. Bu çalışma söz konusu tartışmada taraf tutmamakta; üç girişimi betimleyici düzeyde ele almakla yetinmektedir. Tartışmanın kendisi, alanın açık sorunlarından biri olarak kaydedilmektedir.

Çalışma iki soruya odaklanmaktadır: (i) Her üç hukukçunun sistematizasyon pratiğinde hangi biçimsel unsurlar ortaktır? (ii) Bu ortak biçimsel unsurlara karşılık, her girişimin kurumsal ve siyasi bağlamı bakımından hangi farklılıklar tespit edilebilir?

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Kavramsal Ayrımın Gerekçesi

Hukuk tarihi literatüründe, hukukî malzemeyi düzenlemeye yönelik farklı nitelikteki faaliyetler çoğu zaman aynı terimlerle karşılanmaktadır. Derleme, tedvin, kodifikasyon ve sistematizasyon kavramları birbirinin yerine kullanıldığında, incelenen metinlerin niteliğine ilişkin yanıltıcı

sonuçlara ulaşılabilir. Bu durum, farklı hukuk gelenekleri karşılaştırıldığında daha da belirginleşmektedir. Zira her gelenek kendi terminolojisini geliştirmiş ve bu terimler modern hukuk diline aktarılırken anlam kaymasına uğramışlardır.

Bu çalışmada incelenen üç metnin ortak niteliğini tespit edebilmek için öncelikle bu metinlerin hangi tür bir faaliyetin ürünü olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Aşağıda önerilen üçlü ayırım, bu amaca yönelik analitik bir araç olarak kullanılmaktadır. Ayırım, iki ölçüte dayanmaktadır: (i) malzeme içindeki çelişkilerin çözülüp çözülmediği; (ii) metnin bağlayıcılığının hangi kaynaktan doğduğu.

2.2. Üç Faaliyet Türü

Derleme: Mevcut hukukî malzemenin belirli bir düzen içinde bir araya getirilmesidir. Derleyen, malzemeyi konu başlıkları altında tasnif eder. Ancak metinler arasındaki çelişkileri çözme yükümlülüğü altında değildir. Çelişkili görüşler yan yana durabilir. Derlemenin temel işlevi erişilebilir olmaktır. Buna göre kullanıcı, aradığı hukukî/normatif malzemeyi tek bir yerde bulur. Bağlayıcılık iddiası taşımaz. Malzemenin kendi otoritesi neyse derleme içinde de odur.

Kodifikasyon: Belirli bir metnin yetkili bir merci tarafından yürürlüğe konulmasıdır. Kodifikasyonun ayırt edici özelliği, metnin bağlayıcılığının siyasi otoriteden doğmasıdır. Bir hükümdar, meclis ya da benzeri bir merci ilgili metni yürürlüğe koyan bir tasarrufta bulunur. Bu nedenle kodifikasyon, metnin içeriğinden bağımsız olarak, bir yetki kullanımı demektir. Justinianus'un *Corpus Iuris Civilis*'i, Osmanlı *Mecelle*'si ya da modern kanunlaştırma hareketleri bu türün örnekleridir.

Sistematizasyon: Birikmiş malzemenin tutarlı bir bütün hâline getirilmesidir. Bu faaliyet üç işlemi içermektedir. (i) Malzeme için normatif bir öncelik sırası öngörmek; (ii) çelişkili görüşler arasında usul ilkelerine dayalı tercihte bulunmak ve (iii) yapılan tercihi gerekçelendirme. Sistematizasyonu kodifikasyondan ayıran temel husus, bağlayıcılığın kaynağıdır. Şöyle ki sistematize eden hukukçu yetkili merci onayına dayanmaz. Muhatabını ikna etmek zorundadır. Metnin otoritesi, dışarıdan verilen bir yetkiden ziyade sunduğu gerekçenin ikna ediciliğinden ve ilgili hukuk çevresince benimsenmesinden doğmaktadır. Sistematizasyonu derlemeden ayıran ise çelişki çözme yükümlülüğüdür. Sistematize eden hukukçu, malzemeyi yan yana koymakla yetinemez, aralarında tercih yapmak ve bu tercihi savunmak durumundadır.

2.3. Ayırımın Üç Örneğe Uygulanması

Bu ayırım, incelenecek olan üç metin açısından belirleyicidir. Öncelikle her üçü de kodifikasyon ürünü değildir. Çünkü yetkili/resmi bir merci tarafından yürürlüğe konulmamıştır. Serahsî,

eserini hapiste, kendisini hapseden iktidarın herhangi bir görevlendirmesi olmaksızın kaleme almıştır. el-Fâsî'nin derlemesine gelince o, bir cemaat organı kararıyla yürürlüğe girmemiştir. Ivo'nun *Decretum*'u papalık tarafından resmî bir metin olarak ilan edilmemiştir. Her üç metin de otoritelerini ve saygınlıklarını sonrada, ilgili hukuk çevrelerince benimsenmek suretiyle kazanmıştır.

İkinci olarak her üç metin de salt derleme değildir. Bu tespit, derleme faaliyetini sistematizasyondan ayıran ölçüt –yani hukukî materyal içindeki çelişkilerin çözülüp çözülmediği- açısından ayrı ayrı gösterilmelidir.

el-Mebsût örneğinde çelişki çözme işlemi metnin yapısına yerleşmiş durumdadır. Serahsî her meselede sadece Hanefî görüşünü aktarmakla yetinmemektedir. Ayrıca delilleri sıralamakta, muhalif görüşleri zikretmek ve bunları cevaplandırmaktadır (Bk. Kaya, 2003, s. 215). Bir derleyici açısından muhalif görüşü aktarmak yeterli olmasına rağmen Serahsî aynı zamanda kendini, aktardığı görüşe cevap vermek durumunda hissetmektedir. Bu gereklilik, metnin derleme olarak kabul edilmesini güçleştirmektedir. Aksine metin, tercih ve savunma faaliyetinin bir ürünü konumundadır. Hanefî imamları arasındaki görüş ayrılıkları ise delil-bağlam analizine tabi tutularak çözümlenmektedir.

Decretum örneğinde çelişki sorunu daha da belirgindir. Zira Kanonik hukukta çelişki, farklı yüzyıllarda ve farklı mercilerce üretilen hukukî metinleri/materyallerin bir arada bulunmasından kaynaklanmaktadır. Ivo, bu soruna müstakil bir metinle –yani *Prologus* ile-yanıt vermeye çalışmıştır. Metnin işlevi ise tek tek çelişkileri çözmek yerine çözüm için kullanılacak yorum ilkelerini ortaya koymaktır. Rolker'a göre *Prologus*, *Decretum*'un derlenmesi sırasında, ancak *Panormia* derlenmeden önce kaleme alınmıştır (Bk. Rolker, 2006, s. 138 (24)). Yani yöntem sorunu, derleme faaliyetinin kendisiyle birlikte doğmuştur.

Sefer ha-Halakhot örneğinde işlem farklı bir biçim almaktadır. el-Fâsî, çelişkili görüşleri yan yana koyup tartışmak yerine Talmudik tartışmanın kendisini metinden çıkartmakta ve yalnızca uygulanabilir kararı bırakmaktadır. Bu, ilk bakışta derlemeye yakın bir işlem gibi görünebilir. Ancak ayıklama, tartışmanın hangi tarafının geçerli olduğuna dair bir hükmü zorunlu kılmaktadır. Başka bir deyimle metinden çıkartılan her tartışma aslında verilmiş bir karardır. Dolayısıyla el-Fâsî'nin işlemi, çelişkiyi metin içinde çözmek yerine çözülmüş hâliyle sunmaktır.

Her üç örnekte de ortak olan husus, hukukçunun hukukî materyal karşısında edilgen bir konumda bulunmamasıdır. Derleyici, malzemeyi olduğu gibi aktarmakla yükümlü iken bu üç hukukçu materyale müdahale etmekte, aralarında tercih yapmakta ve bu tercihin hesabını –

açıkça ya da metnin yapısı aracılığıyla- vermektedir. Her üç metinde müdahalenin biçimi farklıdır. Serahsî tartışarak, Ivo ilke koyarak, el-Fâsî ise ayıklayarak müdahalede bulunmuşlardır. Ortak olan nokta ise tercihin kendisidir.

Dolayısıyla üç metin de sistematizasyon ürünü olarak değerlendirilebilir. Bu tespit, çalışmanın karşılaştırma zeminin oluşturmaktadır. Şöyle ki, farklı hukukî geleneklere ait bu üç metin, aynı tür bir entelektüel faaliyetin ürünü olmaları bakımından bir arada incelenebilmektedir. Kanonik hukuk geleneğinde bu faaliyetin adı, Gratianus'un yarım yüzyıl sonra kaleme alacağı derlemenin başlığında açıkça ifade edilmiştir: *Concordia Discordantium Canonum*/çelişen kanunların uzlaştırılması.

3. ÜÇ GİRİŞİM: BAĞLAM VE METODOLOJİ

Bu bölümde her üç hukukçu ve eseri, üç başlık altında ele alınacaktır. (i) İçinde bulunduğu kurumsal bağlam; (ii) eserin ortaya çıkış koşulları ve (iii) benimsenen metodoloji. Bu üçlü yapı hem bir girişimin kendi bağlamı içinde anlaşılmasını hem de dördüncü kısımdaki karşılaştırma için ortak bir zemin oluşturulmasını amaçlamaktadır.

3.1. Serahsî ve el-Mebsût

Asıl adı Ebû Bekr Şemsü'l-eimme Muhammed b. Ebî Sehl Ahmed es-Serahsî'dir (ö. 483/1090). Hanefî kaynak sınıflandırılmasında üçüncü tabaka müçtehitleri arasında yer almaktadır. Mezhep içi konumu, İbn Kemâl'in müçtehit tabakaları cetvelinde tespit edilebilmektedir. Buna göre Serahsî bu cetvelde Ebû Hanîfe ve Şeybânî'den sonra, Hassâf, Tahâvî ve Kerhî ile birlikte üçüncü tabakada yer almaktadır (Hamîdullah, 2009, 36/544). Bu konumlandırma, onun mezhep içinde bağımsız içtihat yetkisine sahip sayıldığını, ancak mezhebin kurucu imamlarının çizdiği çerçeve içinde kaldığını göstermektedir.

Kurumsal Bağlam: Serahsî'nin hukukî faaliyet gösterdiği Karahanlı Mâverâünnehir'inde Hanefî uleması, sıradan bir ilim çevresi değildir. Kurumsallaşmış bir güç odağı niteliği taşımaktaydı. Medreseler aracılığıyla bürokrasinin her kademesine nüfuz eden bu sınıf, bölgede diğer mezheplerin yayılmasının önüne geçmiş ve Hanefîliği âdeta Mâverâünnehir'in resmî mezhebi hâline getirmişti (Bk. Hunkan, 2010, s. 557). Bu nüfuz, hânedan ile ulema arasında süreklilik arz eden bir gerilim doğurmuştur. Gerilimin boyutu, iki uç örnekte görülebilmektedir. Şöyle ki bir yanda Tamgaç Han'ın Ebû'l-Kâsım es-Semerkindî'yi (ö. 888/1483) idam ettirmesi, diğer yanda Han Ahmed b. Hızır'ın ulema tarafından yargılanarak idama mahkûm edilmesi ve Buhara'da Hanefî ulemasının özerk bir hâkimiyet kurması (Hunkan, 2010, s. 557). Serahsî'nin hapsedilmesi, bu karşılıklı çatışmanın epizotlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Bk. Aydın, 2013, ss. 17-21; Tashtanova, 2022, ss. 123-124). Bu tespit, Serahsî'yi iktidar

karşısında çaresiz bir birey olmanın ötesinde kendi kurumsal dayanağı bulunan bir sınıfın mensubu olarak konumlandırırmaktadır.

Gelenek içindeki konumu: Serahsî'nin faaliyet gösterdiği alanda yerleşik bir usul geleneği mevcuttur. Ebû Zeyd ed-Debûsî (ö. 430/1039); Ebü'l-Usr el-Pezdevî (ö. 482/1089) ve Serahsî ile birlikte Hanefî fıkıh usulünün üç kurucusundan biri kabul edilmekte; kıyas, istihsan, taklid, ilham, istishâb ve tard gibi usul konularını ayrıntılı biçimde inceleyen ilk âlim sayılmaktadır (Akgündüz, 1994, s. 66). Debûsî'nin *Takvîmü'l-edille'si*, Cessâs'ın (ç. 370/981) *Usûlü'l-fikh*'ından sonra fukaha mesleği metoduyla telif edilmiş en önemli eser olup Pezdevî ve Serahsî başta olmak üzere bütün Hanefî usulcülerinin temel kaynağı konumundadır (Bk. Akgündüz, 1994, ss. 66-67). Serahsî'nin birçok usul meselesini Debûsî'den naklettiği, kendi *Usûl*'ündeki ifadelerle de belgelenmektedir (Bk. Akgündüz, 1994, s. 66). Dolayısıyla Serahsî usul teorisini kurmamakta; en az iki kuşaklık bir birikimi devralmakta ve bunu fîrû' alanına uygulamaktadır.

Eserin ortaya çıkışı: Serahsî, 466/1073'te hapsedilmiş, 480/1087'de serbest bırakılmıştır. Bu on dört yıl süre zarfında tahtta üç hakan bulunmuş ve her üçünün de fukaha ile anlaşmazlıkları olmuştur (Bk. Tashtanova, 2022, s. 111). *el-Mebsût*'un ortaya çıkışı açısından kayda değer olan husus, projenin hapisten önce de gündeme gelmiş olmasıdır. Serahsî'nin, Hâkim eş-Şehîd'in (ö. 334/945) *el-Kâfî*'sini şerh etmesi daha önce de kendisinden istenmişti. Hapse girince arkadaşlarının ve talebelerinin bu yöndeki ısrarları üzerine telif işine girişmiştir (Bk. Tashtanova, 2022, s. 145). Bu ayrıntı iki bakımdan önem taşımaktadır. Birincisi, eser bireysel bir inisiyatifin ürünü olarak değil de mevcut bir ilim çevresinin talebinin neticesidir. İkincisi, hapis, eseri doğuran koşul olmayıp hâlihazırda beklenen bir projeye vakit açan koşul konumundadır.

Metodoloji: Serahsî, eserinin gerekçesini *el-Mebsût*'un mukaddimesinde fıkıh eğitiminin üç sorunu üzerinden ortaya koymaktadır. Bunlardan ilki öğrencilerin hukukî meleke kazandırmayan ihtilafî meselelere takılıp kalmaları, ikincisi hocaların pratikten kopuk tartışmalara dalmaları ve üçüncüsü bazı kelâmcıların felsefî dil kullanarak fıkıh ile kelâm sınırlarını birbirine karıştırmalarıdır (Kaya, 2003, s. 214). Bu üç şikâyet, eserin muhatabını da belirlemektedir. Buna göre Serahsî, devlet ya da geniş bir topluluktan ziyade kendi ilim çevresine seslenmektedir.

Eserin konuları ele alış biçimi bu amaca uygun bir yapı sergilemektedir. Her bâbın başında ilgili kavramların sözlük ve terim anlamları üzerinde durulmakta, yakın kavramlarla ilişkileri tartışılmakta ve hükümlerin meşruiyet delilleri zikredilmektedir. Mukayese ve tartışmalarda İmam Şâfiî'nin görüşleri ağırlık olarak yer tutmakla birlikte İmam Mâlik'in görüşlerine de

nispeten genişçe yer verilmektedir (Kaya, 2003, s. 215). Muhelif görüşlerin bu ölçüde eserde yer alması, eseri salt bir mezhep içi şerh olmaktan çıkarmakta ve karşılaştırmalı bir hukukî tartışma metnine dönüştürmektedir. Eserin imlâsı en geç 479/1087'de tamamlanmıştır (Bk. Kaya, 2003, s. 214).

Serahsî bu eseri, IV. (X.) yüzyıl Mâverâünnehir Hanefî çevresinde önemli şahsiyetlerinden Hâkim eş-Şehîd'in (ö. 334/945) *el-Kâfî*'sini esas alarak meydana getirmiş olup eser Hanefî literatürünün en önemli metinlerinden biri kabul edilmektedir (Bk. Kaya, 2003). Otoritesini yürürlüğe konulmaktan öte sonraki fıkıh çevrelerince benimsenmekten aldığı için bu çalışmada tanımlanan sistematizasyon kategorisine örnek teşkil etmektedir.

3.2. İshak el-Fâsî (Rîf) ve Sefer ha-Halakhot

İshak b. Yakûb el-Fâsî (ö. 496/1103), Kayrevan'da Nissim b. Yâkub ve Hananel b. Hushiel gibi dönemin önde gelen otoritelerinden eğitim aldıktan sonra Fez'e yerleşmiş ve buradaki Yahudi cemaatinin başına geçmiştir (Bk. Friedländer, t.y.). Kırk yıla yakın süre Fez'de faaliyet gösteren ve *Sefer ha-Halakhot*'unu burada tamamlayan el-Fâsî, 1088'de yetmiş beş yaşındayken iki kişinin hükümete yaptığı ihbar üzerine Endülüs'e göç etmek zorunda kalmış; kısa süre sonra Lucena'ya yerleşerek buradaki yeşivanın (Konuyla ilgili detaylı bilgi için bk. Arslantaş, 2015) başına geçmiş ve 1103'te aynı şehirde vefat etmiştir (Bk. Friedländer, t.y.). Encyclopaedia Judaica'nın ifadesiyle el-Fâsî, bir anlamda Geonik dönemi kapatan isimdir. *Sefer ha-Halakhot*, Maimonides'in *Mişne Tora*'sından önceki en önemli kod olarak değerlendirilmektedir (Bk. Friedländer, t.y.).

Kurumsal bağlam: el-Fâsî'nin konumunu belirleyen temel unsur, İslam hâkimiyeti altında faaliyet gösteren bir azınlık topluluğunun hukuk otoritesi olmasıdır. Herman'ın gösterdiği üzere bu dönemde İslam dünyasındaki Rabbanit Yahudiler; kendi talmudik geçmişleri, hem Rabbanit hem de Rabbanit olmayan dindaşları ve kendi geleneklerinin yeniden değerlendirilmesine yardımcı olan İslam entelektüel geleneğinin unsurlarıyla çok katmanlı bir iletişime dâhil olmuşlardır (Bk. Herman, 2016, ix). Her iki etki de hukukî materyalin açık ve savunulabilir biçimde ortaya konulmasını gerektiren bir ortam yaratmıştır.

Gelenek içindeki konumu: el-Fâsî de yerleşik bir tür geleneğin içinde çalışmaktadır. Talmud'un tamamlanmasının ardından pratik bir kılavuz ihtiyacı hâsıl olmuş ve Geonik dönemde ilk halakhik derlemeler ortaya çıkmıştır. Yehudai Gaon'a atfedilen *Halakhot Pesukot* (8. yüzyıl), Geonim'in bilinen ilk halakhik eseri olup yalnızca pratik uygulaması bulunan halakhotla sınırlı kalmakta ve bunları konu başlıklarına göre düzenlemektedir. İki kuşak sonra kaleme alınan ve Simeon Kayyara'ya atfedilen *Halakhot Gedolot* (9. yüzyıl) ise Geonik

dönemin hacim bakımından en büyük eseri konumundadır. Bu eser talmudik hukukun sistematik ve kapsamlı bir özetini sunmakta; genel olarak Talmud traktlarının sırasını izlemekle birlikte hükmü belirtmeden önce kaynakları kısaca aktarmaktadır. el-Fâsî'nin bu geleneğe müdahalesi, hükmü çevreleyen müzakereyi tümürle metin dışında bırakmasıdır. Encyclopaedia Judaica'nın ifadesiyle el-Fâsî, bir anlamda Geonik dönemi kapatmıştır. *Sefer ha-Halakhot* kısa sürede Geonik derlemelerin yerini almıştır (Bk. Friedländer, t.y.).

Metodoloji: *Sefer ha-Halakhot*'un temel metodolojik tercihi, Babil Talmud'unun tartışma katmanlarını ayıklayarak yalnızca hukuken uygulanabilir kararları sunmasıdır. Yalnızca Kutsal Topraklar'da geçerli hükümler ile hukukî olmayan (Haggadah) malzeme büyük ölçüde dışarıda bırakılmaktadır (Bk. Friedländer, t.y.). Bu tercih, seçici bir ayıklama işlemidir. Buna göre metin, Talmud'un tamamını aktarmak yerine ondan uygulanabilir olanı çıkarmaktadır. Sonuç, dağınık ve birikimsel Geonik fetva literatüründen pratik yargıya doğrudan uygulanabilir bir hukuk metnine geçiştir.

Herman'ın Rabbanis hukuk teorisi üzerine yaptığı çalışma, bu tercihin daha geniş çerçevesini ortaya koymaktadır. Buna göre İslam dünyasındaki Rabbanit Yahudiler, talmudik hukuku amorf, diyalektik ve söyleme dayalı bir külliyattan yapılandırılmış, zarif ve mantıklı bir sisteme dönüştürmeye çalışan ilk kuşaktır (Herman, 2016, ix). el-Fâsî'nin girişimi bu dönüşüm çabasının bir parçası olarak değerlendirilebilir.

Metodolojik ilişki tartışması: İslam hukuku ile Yahudi hukuku arasındaki ilişki, alanın en tartışmalı konularından biridir. Salaymeh'in aktardığına göre Libson, İslam'ın doğuşunun hemen ardından Yahudi hukukun genç İslam sistemini etkilediğini, Geonik dönemde ise akışın yön değiştirdiğini ileri sürmektedir (Akt. Salaymeh, 2015, s. 158, dipnot 24). Herman ise Rabbanit hukukçuların İslam entelektüel geleneğinin unsurlarından kendi geleneklerinin açıklanması ve yeniden değerlendirilmesi için yararlandıklarını; bu sürecin hem Karâî hem de İslamî hukuk teorisiyle çok katmanlı bir etkileşim niteliği taşıdığını göstermektedir (Herman, 2016, ix). Buna karşılık Salaymeh, bu tür “etki” anlatılarının evrimci varsayımlarını eleştirmekte ve karşılaştırmanın tarihselcilik ile bağlam ilişkisi kurulmadan yapılması durumunda çarpıtıcı olacağını belirtmektedir (Bk. Salaymeh, 2015, ss. 156-158). Bu çalışma söz konusu tartışmada taraf tutmamakta; el-Fâsî'nin metodolojik tercihinin betimlemeye yetmektedir.

3.3. Ivo de Chartres ve Decretum

Ivo de Chartres (1040-1115), 1090'dan ölümüne kadar Chartres piskoposluğu görevinde bulunmuştur. Kendisine dört kanonik derleme atfedilmektedir. (i) Kronolojik *Tripartita A*,(ii)

hacimli *Decretum* ve bunun iki farklı muhtasarı olan (iii) *Tripartita B* ve (iv) *Panormia*. Yaklaşık 300 mektubu ve yirmi kadar vaazı, hukukî görüşlerinin ve pastoral faaliyetinin 11. yüzyıl kanonistlerinin çoğundan daha ayrıntılı incelenmesine imkân vermektedir (Rolker, 2006, s. 114).

Eserin ortaya çıkışı ve gelenek içindeki konumu: *Decretum*, Ivo'nun Chartres piskoposluğu döneminde (1090'dan sonra) derlenmiş olup Ivo bu derlemeye mektuplarında atıfta bulunmaktadır. (Bk. Rolker, 2006, s. 114). Ivo sıfırdan bir hukuk sistemi kurmamış; kendinden önce oluşmuş, köklü bir kanonik derleme geleneğinin içinde faaliyet göstermiştir. Bu geleneğe ait derlemeler, farklı yüzyıllarda ve farklı mercilerce üretilmiş –dolayısıyla genellikle birbiriyle çelişen- otorite metinlerini bir araya getirme sorunuyla değişik biçimlerde başa çıkmaya çalışmıştır. Ivo'nun bu gelenek içindeki ayırt edici katkısı, söz konusu çelişki sorununu derlemenin içine gömülü bırakmak yerine müstakil bir metinde –eserine yazdığı *Prologos*'ta-doğrudan ele almasıdır (Bk. Rolker, 2006, s. 114).

Metodoloji/Kapsayıcı derleme: *Decretum* derleyicisinin temel tercihi seçici değil kapsayıcı olmaktadır. Bu nedenle eser çok sayıda çelişkili kanon barındırmaktadır (Bk. Rolker, 2006, s. 123). Bu özellik, eseri uzun süre metotsuz bir hukukî malzeme deposu olarak nitelendirilmesine neden olmuştur. Ancak bu değerlendirme yanıltıcıdır. Çünkü metinde kullanılan materyal on yedi kitapta tematik olarak gruplandırılmış olup eserin yapısına aşina bir okuyucu belirli bir meseleye ilişkin kanonları bulabilmektedir (Bk. Rolker, 2006, s. 123). Dahası Ivo, bazı durumlarda kanonları çelişkileri açıkça görünür kılacak biçimde yan yana yerleştirmiştir (Bk. Rolker, 2006, s. 124).

Çelişkiler karşısındaki tutumu, Ivo'nun yöntemini belirleyen asıl unsurdur. Rolker'in tespitine göre Ivo, çelişkili kanonları tek bir tutarlı normlar sistemine indirgemeyi hedeflememiş; derlemesine aldığı kanonları ne dışlamış ne de zorla uzlaştırmıştır. Bunun yerine *Prologus* 'ta bu çelişkilerle nasıl başa çıkılacağına dair yorum ilkelerinin ana hatlarını ortaya koymuştur (Bk. Rolker, 2006, s. 119). Bu ilkelerin merkezinde “merhamet ve adalet” /*misericordia et iustitia* formülü yer almaktadır. Ivo'ya göre çelişkili kanonları önlerindeki meselenin somut koşullarını gözeterek uzlaştırmak, hüküm veren yargıcın sorumluluğundadır (Bk. Rolker, 2006, ss. 117-118). Bununla birlikte söz konusu formül, Ivo'nun tek yorum ölçütü değildir. Metinler arası bir otorite hiyerarşisi de öngörmektedir. Buna göre Eski Ahit hükümleri Yeni Ahit ışığında anlaşılmalı, beşerî yazarların görüşleri ve Roma hukuku İncil'i geçersiz kılmamalı, hatta Papa dahi *statuta Patrum*'a aykırı hüküm vermemelidir (Bk. Rolker, 2006, s. 119).

Metnin işlevi ve muhatabı: Rolker, *Decretum* ile *Panormia* 'nın birbirinden farklı işlevlere hizmet ettiğini ortaya koymaktadır. *Panormia*, özlü yapısıyla bir ders kitabı niteliği taşımaktadır ve öğretim ortamı için elverişlidir. *Decretum* ise piskoposun gündelik idari ve pastoral görevlerinde başvurduğu bir el kitabı, hatta bir tür çalışma kütüphanesi işlevi görmektedir (Bk. Rolker, 2006, ss. 128, 132). Bu işlevsel ayırım, el yazması geleneğinde de gözlemlenebilmektedir: *Decretum* nüshalarında şerhe, rubrik eklemelerine ya da kayda değer bir yeniden düzenlemeye neredeyse hiç rastlanmaz; bu da eserin kullanıldığını ancak üzerinde tartışılmadığını göstermektedir. Buna karşılık *Panormia* nüshaları; geniş bir varyant çeşitliliği, sıra değişiklikleri ve kanon ekleme-çıkarmaları sergilemektedir. Erken dönemden itibaren sürekli genişletilip şerh edilmiş olması, eserin okullardaki yaygın kullanımına işaret etmektedir. (Bk. Rolker, 2006, s. 129).

4. KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, üçüncü bölümde ayrı ayrı betimlenen girişimler karşılaştırmalı olarak ele alınmaktadır. Değerlendirme iki eksende yürütülecektir. İlki, metinlerin yapısal özellikleri bakımından ortak unsurlar eksenini ve ikincisi hukukçuların içinde bulunduğu koşullar bakımından farklılıklar eksenidir.

4.1 Ortak Biçimsel Unsurlar

Üç girişimin karşılaştırmalı incelemesinde dört ortak biçimde unsur tespit edilmektedir. Bu unsurların metinlerin yapısal özelliklerine ilişkin betimlemeler olduğu; ortak bir tarihsel saike ya da aralarında nedensel bir ilişkiye işaret etmedikleri öncelikle vurgulanmalıdır.

(a) **Birlikmiş hukukî otorite malzemesiyle yüzleşme:** Her üç hukukçu da kendinde önce oluşmuş, kendi içinde çelişkiler barındıran yetkili metin külliyatıyla çalışmaktadır. Serahsî için bu külliyat, Hanefî imamlarının zâhirü'r-rivâye eserleri ve bunlar üzerine gelişen ihtilaf literatürüdür (Bk. Kaya, 2003, s. 215). el-Fâsî için Babil Talmudu'nun katmanlı tartışmalarıdır. Ivo için papalık kararları, konsil metinleri ve kilise babalarının görüşleridir. Derleyici seçici değil kapsayıcı davrandığından eser çok sayıda çelişkili kanon barındırmaktadır. Üç örnekte de hukukî malzeme tek bir otoriteden değil, farklı zamanlarda ve farklı mercilerden gelmektedir. Hukukî ihtilaflar kaynak çokluğunun kaçınılmaz sonucudur.

(b) **Kaynak hiyerarşisi öngörme:** Her üçü eser de hukukî malzeme içinde normatif bir öncelik sırası belirlemektedir. Serahsî'nin usul eseri, Hanefî hukuk düşüncesinin esaslarını ve yöntemlerini derli toplu biçimde ortaya koymaktadır (Bk. Bedir, 2012, s. 221). el-Fâsî, Babil Talmudu'nu esas alan bir tercih politikası izlemektedir. Ivo, *Prologus* 'ta bir otorite hiyerarşisi öngörmektedir. Beşerî yazarlar ve Roma hukuku İncil'i geçersiz kılamaz, papa dahi statu

Patrum'a aykırı hüküm veremez. Hiyerarşinin biçimi ve katılığı üç örnekte de farklılık göstermekle birlikte ortak olan husus, malzemenin eşit ağırlıkta kabul edilmemesidir.

(c) **Pratik yargıya yönelik çıktı üretme:** Her üç metin de uygulayıcıya yönelmektedir. Serahsî, mukaddimede bu amacı açıkça belirtmektedir (Bk. Kaya, 2003, s. 214). *Sefer ha-Halakhot* Talmudik tartışmayı yargı pratiğine taşımaktadır. *Decretum* piskoposun idari ve pastoral görevleri için bir el kitabı işlevi görmektedir. Üç metnin de muhatabı, hukuk teorisini yerine karar verme konumundaki kişidir.

(d) **Hukukî tercihi gerekçelendirme:** Sistemizasyonu derlemeden ayıran belirleyici unsur, ikinci bölümde tanımlandığı üzere, hukukî tercihin gerekçelendirilmesidir. Serahsî, tartışma bölümlerinde muhaliflerinin dâhil bütün görüşleri ele almakta, muhalifin görüşünü onunkendi bakışıyla ortaya koymaktadır. el-Fâsî'de hukukî karar aktarılırken kararın dayanağı gösterilmektedir. Ivo'nun *Prologus*'u yorumlama ilkelerini açıkça ortaya koyarak kullanıcından bu ilkeleri uygulamasını beklemektedir. Üç örnekte de hüküm, salt otorite aktarımı şeklinde olmayıp gerekçe sunularak ortaya konulmaktadır.

4.2. Bağlamsal Farklılıklar

Biçimsel benzerliklere karşılık, üç girişimin kurumsal ve siyasal bağlamları birbirinden belirgin biçimde ayrılmaktadır. Bu farklılıklar, benzerliklerin tek bir açıklama çerçevesine indirgenmesini güçleştirmektedir. Aşağıda bu husus üç eksenle ele alınmaya çalışılacaktır.

Hukukçunun konumu: Serahsî, medrese sistemi aracılığıyla bürokrasiye eleman yetiştiren ve iktidarla açık çatışmaya girebilecek güçte bir ulema sınıfının mensubudur. Bu sınıfın gücü, bir hakanı yargılayıp idama mahkum edebilecek düzeye ulaşmıştır. el-Fâsî, çoğunluk hukuk sisteminin yanı başında faaliyet gösteren bir azınlık topluluğunun otoritesidir. Ivo ise piskopos olarak hem idari hem de yargısal görevleri bulunan bir kurumun mensubudur. Onun derlemesi de bu görevlere hizmet eden bir el kitabı niteliğindedir. Bu üç farklı konum, hukukçunun ardındaki kurumsal dayanağın niteliği bakımından birbirinde ayrılmaktadır.

Muhatap ve muhalif: Serahsî'nin metninde muhatap fıkıh talebesidir. Muhalif ise hem mezhep dışı müçtehitler hem de fıkıh ile kelam sınırını bulandıran kelamcılardır (Bk. Kaya, 2003, ss. 214-215). el-Fâsî'nin bağlamında muhalif, Rabbanit geleneğe meydan okuyan Karâîlerdir (Herman, 2016, ix). Ivo'nun muhatabı ise kilise yargıcısıdır. *Prologus*, okuyucusundan yorum ilkelerini bizzat uygulamasını beklemektedir (Bk. Rolker, 2006, s. 118). Muhalifin kim olduğu her üç metinde gerekçelendirmenin hangi yöne dönük geliştiğini belirlemektedir.

Üç hukukçu da yerleşik bir gelenek içinde çalışmakla birlikte devraldıkları hukukî birikimin niteliği farklıdır. Serahsî'nin arkasında fıkıh usulünü fûru'dan ayrı bir disiplin olarak kuran Cessâs ve Debûsî gibi en az iki kuşaklık müstakil bir usul literatürü bulunmaktadır. el-Fâsî, üç asırlık bir halakhik derleme geleneğini devralmaktadır. Ancak bu gelenek müstakil bir usul teorisi üretmemiştir. Ivo ise devraldığı kanonik derleme geleneğinden farklı olarak yöntemini müstakil bir metinde (*Prologus*) açıkça ifade etmiştir. Bu asimetri, üç hukukî girişimin karşılaştırılmasında dikkate alınması gereken bir husustur. Buna göre Serahsî yerleşik bir usul teorisini uygularken, Ivo yöntemini ilk kez ayrı bir metinde ortaya koymaktadır.

Öncüle müdahalenin yönü: Her üç hukukçu da devraldığı geleneğe müdahale etmekte, ancak müdahalenin yönü farklılaşmaktadır. Serahsî, usul teorisini fûru alanına taşımakta; başka bir ifadeyle mevcut geleneksel usul yöntemini uygulama düzeyinde işletmektedir. Ivo, öncülünün çelişki giderme yöntemini terk etmekte ve çelişkiyi metinde bırakarak çözümü kullanıcıya devretmektedir. el-Fâsî ise öncülünün kaynak sunma pratiğini terk ederek yalnızca hükmü aktarmaktadır. Bu üç müdahalenin ortak yanı, devralınan yöntemin yeterli görülmemesidir.

Her üç metin de yürürlüğe konulmak yerine ilgili hukuk çevrelerince benimsenerek otorite kazanmıştır. *el-Mebsû* Hanefî literatürünün en önemli metinlerinden bir kabul edilmiştir. *Sefer ha-Halakhot* Geonik derlemelerin yerini almıştır. *Decretum* ise sonraki kanonik derlemeler tarafından kaynak olarak kullanılmış, mektuplar ve derlemeler daha Ivo hayattayken yaygın biçimde çoğaltılmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışma Serahsî'nin *el-Mebsû*'unu, İshak el-Fâsî'nin *Sefer ha-Halakhot*'unu ve Ivo de Chartres'in *Decretum*'unu karşılaştırmalı bir çerçevede incelemektedir. İnceleme, şu tespiti ortaya koymaktadır: 11. yüzyılda birbirinden farklı bağlamlarda faaliyet gösteren üç hukukçu, hukukî sistematizasyon açısından biçimsel olarak benzer girişimlerde bulunmuşlardır. Benzerlik dört başlıkta izlenebilmektedir: (i) birikmiş hukukî otorite malzemesiyle yüzleşme, (ii) kaynak hiyerarşisi öngörme, (iii) pratik yargıya yönelik çıktı üretme ve (iv) hukukî tercihi gerekçelendirme.

Bununla birlikte mevcut çalışma bu biçimsel benzerliği ortak bir tarihsel saike bağlamamaktadır. Üç hukukçunun kurumsal konumları, muhatapları ve karşı karşıya oldukları muhalifler birbirinden belirgin biçimde ayrılmaktadır. Serahsî örneğinde eserin doğuşunda ilim çevresinin talebinin rol oynadığı belirtilmişti. Ancak benzer bir tespit iki örnek için yapılamamıştır ve müstakil araştırmalar gerektirmektedir. Mevcut veriler, üç girişimi ortak bir nedensel modele bağlamaya henüz elverişli değildir.

Çalışmanın literatüre katkısı iki noktada özetlenebilir. Birincisi ikinci bölümde önerilen kavramsal ayırım –derleme, kodifikasyon ve sistematizasyon arasındaki fark- farklı hukukî geleneklere ait metinlerin aynı analitik çerçevede değerlendirilmesine imkân vermektedir. İkincisi, üç hukukî geleneğin 11. yüzyıldaki sistematizasyon girişimleri bir arada betimlenerek karşılaştırmalı hukuk tarihi açısından ortan bir inceleme zemini oluşturulmuştur. Bu zemin üzerinde yürütülecek daha ayrıntılı araştırmalar, hukukun gelişimi ve dönüşü hakkında literatüre önemli katkılarda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akgündüz, A. (1994). Debûsî. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 9). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi.
- Arslandaş, N. (2015). Abbasîler Döneminde Yahudilerin Yüksek Din Eğitim Kurumları: Yeşivalar. *Belleten*, 79(286). <https://belleten.gov.tr/tam-metin/240/tur>
- Aydınlı, O. (2013). İmam Serahsî'nin İçinde Yaşadığı Siyasi Ortam ve Hapis Hayatı. *Diyanet İlmi Dergi*, 49(2), 7-25.
- Bedir, M. (2012). Usûlü's-Serahsî. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 42, ss. 221-222). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi.
- David, J. E. (2010). Legal Comparability and Cultural Identity: The Case of Legal Reasoning in Jewish and Islamic Traditions. *Electronic Journal of Comparative Law*, 14(1), 1-24.
- Friedländer, M. (t.y.). *ALFASI, ISAAC BEN JACOB*. JewishEncyclopedia.com. Geliş tarihi 27 Temmuz 2026, gönderen <https://www.jewishencyclopedia.com/articles/1191-alfasi-isaac-ben-jacob>
- Hamîdullah, M. (2009). Serahsî, Şemsüleimme. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 36, ss. 544-547). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi.
- Herman, M. D. (2016). *Systematizing God's Law: Rabbanite Jurisprudence in the Islamic World from the Tenth to the Thirteenth Centuries* [Doktora]. University of Pennsylvania.
- Hunkan, Ö. S. (2010). Tamgaç Han. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 39, ss. 556-557). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi.
- Kaya, E. S. (2003). El-Mebsût. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 28). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi.
- Libson, G. (2003). *Jewish and Islamic Law: A Comparative Study of Custom During the Geonic Period*.
- Rolker, C. (2006). Ivo of Chartres' Pastoral Canon Law. *Bulletin of Medieval Canon Law*, (25), 114-145.
- Salaymeh, L. (2015). "Comparing" Jewish and Islamic Legal Traditions: Between Disciplinarity and Critical Historical Jurisprudence. *Critical Analysis of Law*, 2(1), 153-172.
- Tashtanova, A. (2022). Serahsî'nin Hapis Hayatı İle İlgili Bazı Araştırmalar. *Oş Devlet Üniversitesi İlahiyat Fakültesi İlmi Dergisi*, (33), 111-148.

KUR'AN'DA AKLIN SINIRI

Dr. Öğr. Üyesi Tahir ALTUN

Kafkas University, Faculty of Theology, Department of Basic Islamic Sciences, 36000 Kars, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0001-6785-7648

ÖZET

Kur'an-ı Kerim, akıllı insanın hakikati kavraması, vahyi anlaması ve doğruyu yanlıştan ayırt etmesi için vazgeçilmez bir nimet olarak sunmaktadır. Bu nedenle Kur'an'da düşünme, tefekkür etme, akletme, ibret alma ve delil üzerinde durma gibi zihinsel faaliyetlere sıkça vurgu yapılmaktadır. Bununla birlikte Kur'an, akla mutlak ve sınırsız bir yetki tanımamakta; onun bilgi alanını ve işlevini vahyin rehberliği çerçevesinde değerlendirmektedir. Bu durum, aklın değerini azaltmaktan ziyade onu doğru bilgi kaynaklarıyla buluşturarak hakikate ulaştırmayı amaçlamaktadır.

Bu bildiride Kur'an'ın akla yüklediği değer ile aklın sınırlarını belirleyen ilkeler birlikte ele alınacaktır. Öncelikle Kur'an'da akıl kavramının kullanım biçimleri ve akıl etmeye yapılan çağrılar incelenecek, ardından aklın mahluk olduğunu, mahluk olan bir varlığın tabiatı gereği güç ve kuvvetinin sınırlı olması gerektiğinden metafizik alan, gayb bilgisi, ilahî hikmet ve ahiret gibi konularda tek başına yeterli olmadığı ayetler çerçevesinde değerlendirilecektir. Ayrıca insanın hevâsı, önyargıları, kibri ve dünyevî arzularının aklın sağlıklı işleyişini nasıl olumsuz etkilediği üzerinde durulacaktır.

Çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş; ilgili ayetler klasik ve çağdaş tefsir kaynakları ışığında analiz edilmiştir. İnceleme sonucunda Kur'an'ın akıllı reddeden değil, onu vahyin rehberliğinde işlevsel hâle getiren dengeli bir yaklaşım benimsediği görülmektedir. Buna göre akıl, dinî sorumluluğun ve doğru değerlendirmenin temel şartlarından biridir; ancak mutlak bilgi kaynağı değildir. Vahiy ile desteklenen akıl hem bireyin hem de toplumun inanç, ahlak ve davranış dünyasının sağlıklı biçimde inşasında belirleyici bir role sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Kur'an, Akıl, Vahiy, Gayb, Tefekkür, Bilgi.

THE LIMITS OF REASON IN THE QUR'AN

ABSTRACT

The Qur'an presents reason as an indispensable blessing through which human beings comprehend the truth, understand divine revelation, and distinguish right from wrong. For this reason, the Qur'an frequently emphasizes intellectual activities such as thinking, reflection (tafakkur), reasoning, drawing lessons, and contemplating evidence. Nevertheless, while attributing great value to reason, the Qur'an does not grant it absolute and unlimited authority. Rather, it evaluates the scope and function of reason within the guidance of divine revelation.

This approach does not diminish the value of reason; instead, it aims to direct reason toward authentic sources of knowledge so that it may attain the truth.

This paper examines both the value attributed to reason in the Qur'an and the principles that define its limits. It first analyzes the Qur'anic concept of reason and the numerous calls to rational reflection. It then argues that reason, being a created faculty, is inherently limited by its created nature and therefore cannot independently attain certain forms of knowledge concerning metaphysical realities, the unseen (ghayb), divine wisdom, and the Hereafter. These limitations are examined in the light of relevant Qur'anic verses. Furthermore, the study explores how human desires, prejudices, arrogance, and worldly inclinations may impair the proper functioning of reason.

The study adopts a qualitative research method, analyzing the relevant Qur'anic verses in light of both classical and contemporary Qur'anic exegesis (tafsir). The findings demonstrate that the Qur'an neither rejects reason nor elevates it to an absolute source of knowledge. Rather, it adopts a balanced approach that enables reason to function properly under the guidance of revelation. Accordingly, reason constitutes one of the essential foundations of religious responsibility and sound judgment; however, it is not an absolute source of knowledge. Guided by revelation, reason plays a decisive role in shaping the beliefs, moral character, and conduct of both individuals and society.

Keywords: Qur'an, Reason, Revelation, Ghayb (the Unseen), Reflection (Tafakkur), Knowledge.

KUR'AN'DA AKLIN SINIRI

Giriş

Yüce Allah, insanı yaratılmış varlıklar arasında müstesna bir konuma yerleştirmiş ve onu pek çok nimetle donatmıştır. Bu nimetlerin en önemlilerinden biri akıldır. Allah Teâlâ, insana doğru ile yanlış, hak ile batıl, faydalı ile zararlıyı ayırt etme kabiliyeti kazandırmış; böylece onu dinî sorumluluğun muhatabı kılmıştır. Akıl, vahyi anlamının ve kâinat üzerinde tefekkür etmenin vasıtalarındandır. Bu sebeple Kur'an-ı Kerim, insanı aklını kullanmaya teşvik etmektedir.

Kur'an'da akıl kelimesi isim olarak değil, daha çok “akletmek” (يعقلون، تعقلون) fiiliyle kullanılmaktadır. Bu kullanım, aklın sürekli işletilmesi gereken dinamik bir yeti olduğuna işaret etmektedir. Tefekkür, tedebbür, tezekkür, nazar ve basiret gibi kavramlar da zihinsel faaliyetlere dikkat çekmektedir. Kur'an'ın birçok ayeti, göklerin ve yerin yaratılışı, gece ile gündüzün değişmesi üzerinde düşünmeyi iman etmenin yollarından biri olarak göstermektedir (Âl-i İmrân 3/190-191; Rûm 30/21-25).

Kur'an, akla değer vermekle birlikte, onu sınırsız bir bilgi kaynağı olarak kabul etmez. İnsan akıllı, zaman, mekân, tecrübe ve duyularla sınırlıdır. Allah'ın zâtı, gayb âlemi, vahyin mahiyeti, melekler, ahiret ve kader gibi metafizik konular aklın imkânlarıyla kavranamaz. Kur'an, *"Gaybın anahtarları Allah'ın katındadır; onları O'ndan başkası bilmez."* (En'âm 6/59) buyurmaktadır. Dolayısıyla aklın sınırı, onun değersizliğinden değil, yaratılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Kur'an, aklın sağlıklı çalışmasını engelleyen hevâ, kibir, taassup, ön yargı, dünyevî çıkarlar ve kalbin katılaşması gibi manevi ve ahlaki etkenlere dikkat çekmektedir. Bu unsurlar insanın hakikati değerlendirmesini engelleyebilmektedir. Bu nedenle aklın doğru sonuçlara ulaşması ahlaki arınmaya bağlıdır.

Bu bildiride Kur'an'ın akla çizdiği sınırlar ayetler ışığında ele alınacaktır. Öncelikle aklın mahiyeti ve fonksiyonu incelenecek, ardından sınırları bilgi teorisi açısından değerlendirilecektir. Daha sonra vahiy-akıl ilişkisi ve gayb alanı üzerinde durulacak; sonuçta Kur'an'ın akıl-vahiy dengesine dayanan yaklaşımı ortaya konulacaktır.

1. Kur'an'a Göre Aklın Yaratılmışlığı ve Sınırı

Kur'an-ı Kerim, akıllı insana verilen en büyük nimetlerden ve hakikate ulaşmada temel bilgi vasıtalarından biri olarak kabul etmektedir. İnsan, akıllı sayesinde Allah'ın varlığını ve birliğini kavramakta, kâinat üzerinde tefekkür etmekte, doğru ile yanlış ayırt etmekte ve dinî sorumluluğunu yerine getirmektedir. Bununla birlikte Kur'an, akıllı mutlak ve sınırsız bir bilgi kaynağı olarak değil, yaratılmış insana ait sınırlı bir idrak yetisi olarak değerlendirmektedir. Nitekim Kur'an'da, *"Onlar, Allah'ın ilminden O'nun dilediği kadarından başka hiçbir şeyi kavrayamazlar."* (Bakara, 2/255) buyrulurken, insanın bilgi ve idrakinin sınırlı olduğu ortaya konulmaktadır.

Bu sebeple aklın sınırları, onun eksikliğinden değil, insanın yaratılmış bir varlık olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çerçevede akıl, Allah'ın varlığını, birliğini ve vahyin doğruluğunu kavrayabilecek olmakla birlikte, ulûhiyet alanında bağımsız olarak hüküm koyabilecek veya Allah Teâlâ'nın zâtı, sıfatlarının mahiyeti ile gayb ve ahiret âlemine ilişkin hakikatleri kendi başına belirleyebilecek bir otorite değildir. Çünkü ulûhiyet, teşrî ve mutlak gayb alanı yalnızca Allah'a aittir. Akıl ise vahyin yerine geçmek için değil, vahyin bildirdiği hakikatleri anlamak ve hayata tatbik etmek için verilmiştir.

İnsana verilen akıl, yaratılmış âlemi tanıma, varlıklar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini kavrama, doğru ile yanlış ayırt etme ve dünya hayatını düzenleyen hususlarda muhakeme yürütme görevini yerine getirir. Buna karşılık Allah Teâlâ'nın zâtı, sıfatlarının mahiyeti,

meleklerin ve ruhun hakikati ile ahiret hayatının keyfiyeti gibi gaybî meseleler, aklın bağımsız olarak ulaşabileceği alanın dışında kalmaktadır. Zira sınırlı olan bir idrak vasıtasının mutlak ve sonsuz olanı bütün yönleriyle kuşatması mümkün değildir.

Akıl, Allah Teâlâ tarafından yaratılmış varlıklara bahşedilen bir idrak ve muhakeme melekesidir. Dolayısıyla akıl da yaratılmış ve sınırlıdır.

İslam inancına göre mutlak ve ezeli bilgi yalnızca Allah'a aittir. İnsan ise bilgi, kudret ve idrak bakımından sınırlıdır. Aklın sahibi olan insanın kendisi sonlu olduğundan, aklın kavrama ve muhakeme gücü de belirli sınırlar içerisinde faaliyet göstermektedir. Nasıl ki göz her şeyi görememekte, kulak her sesi işitememekte ise, akıl da kendi idrak alanının ötesindeki hakikatleri tek başına kavrayamamaktadır. Kur'an, "*Size ilimden ancak pek azı verilmiştir.*" (İsrâ 17/85) ayetiyle insanın bilgi bakımından sınırlı olduğunu vurgulamaktadır.

Bunun yanında insanların akli seviyeleri de birbirinin aynı değildir. İnsanların muhakeme gücü ve kavrayışı farklılık göstermektedir. Kur'an'ın "*Hiç bilenlerle bilmeyenler bir olur mu?*" (Zümer 39/9) ve "*Allah hikmeti dilediğine verir.*" (Bakara 2/269) ayetleri bu farklılığa işaret etmektedir. İslam ilim geleneğinde de hadis diye meşhur olan "*İnsanlara akılları ölçüsünde konuşunuz.*" anlamındaki söz, muhatapların idrak seviyelerinin farklı olduğunu ve dinî hakikatlerin tebliğinde bu gerçeğin dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir.

Bu anlayış, Mâtürîdî ve Fahreddin er-Râzî tarafından da benimsenmiştir. Mâtürîdî, akli Allah'ın varlığını ve birliğini kavrayabilecek önemli bir bilgi vasıtası olarak görmekle birlikte, metafizik alan, gayb, ibadetlerin mahiyeti ve ilahî hükümlerin belirlenmesi gibi konularda vahyin rehberliğine ihtiyaç duyduğunu ifade etmektedir. (Mâtürîdî.7-15,135-145) Bu sebeple Mâtürîdî, özellikle ibadetler ve tevkîfî hükümler gibi doğrudan ilahî iradeye dayanan konularda aklın bağımsız belirleyici olamayacağını, bu alanlarda nihai otoritenin vahiy olduğunu kabul etmektedir. Ona göre akıl ile vahiy arasında bir çatışma değil, birbirini tamamlayan bir ilişki bulunmaktadır. (Maturidî, 275-285) Fahreddin er-Râzî de insan aklının Allah'ın zâtını ve gayb âlemini bütünüyle kuşatamayacağını belirtmektedir. Râzî, "*Gözler O'nu idrak edemez; O ise bütün gözleri idrak eder.*" (En'âm 6/103) ayetini açıklarken, insan idrakinin ontolojik sınırına dikkat çekmekte ve insanın Allah'ı zâtının mahiyetini kavrayarak değil, isimleri, sıfatları ve yaratılmışlar üzerinde tefekkür ederek tanıyabileceğini ifade etmektedir. (Razî, 35-55)

Kur'an'a göre aklın sınırları özellikle metafizik ve gayb alanında belirginleşmektedir. Meleklerin mahiyeti, vahyin keyfiyeti, kıyametin vakti, cennet ve cehennemin hakikati gibi konular insanın tecrübe ve gözlem alanının dışındadır. Nitekim "*Gaybın anahtarları Allah'ın katındadır; onları O'ndan başkası bilmez.*" (En'âm 6/59) ayeti, gayb bilgisinin yalnızca Allah'a

ait olduğunu bildirmektedir. İnsan akli, gayb alanında ancak vahyin bildirdiği ölçüde bilgi sahibi olabilir. Aynı ilke, ibadetler ve diğer tevkîfî hükümler için de geçerlidir. Çünkü bu alanlarda belirleyici olan insan akli değil, ilahî vahiydir.

İslam düşüncesinde akıl ne ihmal edilmiş ne de mutlaklaştırılmıştır. Akli tek başına yeterli gören rasyonalist yaklaşımlar eleştirilmiş; akli tamamen devre dışı bırakan anlayışlar da doğru kabul edilmemiştir. Kur'an'ın yaklaşımında akıl, vahyin anlaşılması ve uygulanmasının temel vasıtasıdır. Vahiy ise aklın ulaşamayacağı metafizik hakikatleri bildiren ilahî rehberdir.

Sonuç olarak Kur'an, akli dinî sorumluluğun ve bilgi edinmenin temel şartlarından biri olarak kabul etmekte; ancak yaratılmış olması sebebiyle onun ontolojik sınırlarını da ortaya koymaktadır. Dolayısıyla akıl ile vahiy arasında bir çatışma değil, görev ve yetki bakımından birbirini tamamlayan bir ilişki bulunmaktadır. Akli, vahyin aydınlattığı ölçüde hakikati daha doğru kavramakta; vahiy ise aklın ulaşamayacağı alanları açıklayarak insanı doğru bilgiye ulaştırmaktadır. Bu sebeple akıl, yaratılmış âleme ilişkin konularda araştıran ve muhakeme eden temel bir bilgi vasıtası olmakla birlikte, Allah'a mahsus ulûhiyet, teşrî ve tevkîfî alanlarda bağımsız hüküm koyan bir otorite değildir. Bu alanlarda nihai merci yalnızca Allah'ın vahiydir.

2. Tevkîfî Hükümlerde Aklın Sınırı

Kur'an-ı Kerim, akli insanın hakikati kavramasında ve ilahî hitabı anlamasında vazgeçilmez bir nimet olarak kabul etmekle birlikte, dinî hükümlerin belirlenmesi konusunda ona mutlak bir yetki tanımamaktadır. Zira İslam'da dinin temel hükümlerinin kaynağı insan akli değil, ilahî vahiydir. Bu sebeple vahiy ile sabit olan ve mahiyeti Allah ile Resûlü tarafından belirlenen hükümler, tevkîfî hükümler olarak adlandırılmaktadır. Tevkîfî hükümler, insan aklının bağımsız olarak değiştiremeyeceği, eksiltemeyeceği veya ilave yapamayacağı dinî hükümlerdir.

Kur'an, dinî hükümlerin kaynağının Allah olduğunu açıkça ifade etmektedir. Nitekim "*Hüküm yalnız Allah'ındır.*" (Yûsuf 12/40) buyurularak teşrî' (hüküm koyma) yetkisinin yalnızca Allah'a ait olduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde, "*Allah ve Resûlü bir konuda hüküm verdiği zaman, mümin bir erkek ve mümin bir kadının o konuda artık tercih hakkı yoktur.*" (Ahzâb 33/36) ayeti, vahyin belirlediği hükümlerin insan iradesi ve aklî tercihler karşısındaki bağlayıcılığını ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte tevkîfilik ilkesi, aklın tamamen devre dışı bırakıldığı anlamına gelmez. Aksine akıl, vahyin bildirdiği hükümleri anlamak, bunların hikmetlerini kavramak, maksatlarını değerlendirmek ve doğru bir şekilde uygulamakla görevlidir. Ancak aklın görevi hüküm koymak değil, vahyin rehberliğinde hükmü idrak etmek ve hayata taşımaktır. Bu bakımdan

Kur'an'ın ortaya koyduğu anlayışta akıl ile vahiy arasında bir çatışma değil, yetki ve görev paylaşımı bulunmaktadır. Vahiy dinî hükümlerin kaynağını oluştururken, akıl bu hükümlerin anlaşılması ve uygulanmasında vazgeçilmez bir fonksiyon icra etmektedir.

Tevkîfilik ilkesi, İslam hukukunda özellikle ibadetler ile helâl ve haramların belirlenmesi alanında belirgin bir şekilde kendini göstermektedir. Bu nedenle aşağıda önce ibadetlerde, ardından helâl ve haram hükümlerinde aklın sınırları Kur'an perspektifinden ele alınacaktır.

2. Helâl ve Haram Belirlemede Aklın Sınırı

Kur'an-ı Kerim'e göre helâl ve haram belirleme yetkisi yalnızca Allah Teâlâ'ya aittir. Çünkü teşrî' (hüküm koyma) yetkisi ilahî iradenin bir tezahürüdür. Bu sebeple insan aklı, helâl ve haram alanında bağımsız hüküm koyma yetkisine sahip değildir. İnsanlar kendi arzu, kanaat veya maslahat anlayışlarına dayanarak Allah'ın izin vermediği bir şeyi helâl, helâl kıldığı bir şeyi de haram ilan edemezler. Nitekim Yüce Allah, *"Dillerinizin yalan yere nitelendirmesi sebebiyle 'Şu helâldir, şu haramdır' demeyin. Aksi hâlde Allah'a karşı yalan uydurmuş olursunuz."* (Nahl 16/116) buyurarak bu sınırı belirlemiştir. Aynı şekilde, *"Hüküm yalnız Allah'ındır."* (Yûsuf 12/40) ayeti, dinî hükümlerin nihai kaynağının Allah'ın iradesi olduğunu ortaya koymaktadır.

Kur'an, Allah'a ait olan teşrî' yetkisinin insanlara verilmesini de eleştirmektedir. Nitekim *"Onlar Allah'ı bırakıp hahamlarını, rahiplerini ve Meryem oğlu Mesih'i rabler edindiler."* (Tevbe 9/31) ayeti, din adamlarına Allah'ın helâl ve haram belirleme yetkisinin tanınmasını eleştirmektedir. Hz. Peygamber'in Adî b. Hâtim'e yaptığı açıklamada, din adamlarının helâl ve haram kıldıklarına sorgulamadan uymanın onları rab edinmek anlamına geldiğini bildirmesi de bu hususu açıklamaktadır. Buna göre vahye dayanmayan şekilde insanların helâl ve haram belirleme yetkisini kabul etmek, Allah'a mahsus teşrî' yetkisini beşerî otoritelere devretmek anlamına gelmektedir.

Bu çerçevede Kur'an, Allah'ın helâl kıldığı şeyleri insanların kendi anlayışlarına göre haram kılmalarını da eleştirmiştir. Hz. Peygamber'in Allah'ın helâl kıldığı bir şeyi kendisine haram kılması üzerine, *"Ey Peygamber! Eşlerinin hoşnutluğunu arayarak Allah'ın sana helâl kıldığı şeyi niçin kendine haram kılıyorsun?"* (Tahrîm 66/1) ayetinin nazil olması, vahye dayanmayan şekilde helâl ve haram belirlemenin uygun olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde, *"Ey iman edenler! Allah'ın size helâl kıldığı temiz şeyleri haram kılmayın ve haddi aşmayın."* (Mâide 5/87) ayetiyle helâl alanının daraltılması yasaklanmıştır. Ayrıca *"De ki: Allah'ın kulları için yarattığı ziyneti ve temiz rızıkları kim haram kıldı?"* (A'râf 7/32) ayeti, insanın ilahî izin olmaksızın helâl alanına müdahale edemeyeceğini göstermektedir.

Buna göre Allah'ın haram kıldığı bir şeyi helâl kabul etmek de helâl kıldığı bir şeyi haram kılmak da ilahî hüküm koyma yetkisine müdahale anlamı taşımaktadır. Allah'ın kulları için rahmet ve kolaylık olarak belirlediği helâl alanını daraltmak, Allah'ın yasaklamadığı bir konuda yeni bir yasak ortaya koymak anlamına gelir. Her iki durumda da temel problem, insan aklının ve arzusunun vahyin belirlediği sınırların önüne geçirilmesidir.

Bununla birlikte Kur'an, akli helâl ve haram hükümleri karşısında tamamen işlevsiz görmez. Akıl, vahyin bildirdiği hükümlerin hikmetlerini anlamada, bunların bireysel ve toplumsal fayda ve zararlarını değerlendirmede önemli bir role sahiptir. Nitekim Kur'an, içki ve kumarın zararlarına (Bakara 2/219; el-Mâide 5/90-91), faizin toplumsal sonuçlarına (Bakara 2/275-279) ve temiz rızıkların insan hayatındaki önemine (Bakara 2/168) dikkat çekerek insanı bu hükümler üzerinde düşünmeye davet etmektedir. Böylece Kur'an, hüküm koyma yetkisini vahye tahsis ederken akli, hükümlerin hikmetlerini kavrama ve hayata bilinçli şekilde aktarma konusunda etkin bir konuma yerleştirmektedir.

Sonuç olarak Kur'an perspektifinde helâl ve haram belirleme yetkisi yalnızca Allah Teâlâ'ya aittir. İnsan akli bu alanda bağımsız bir teşri' yetkisine sahip değildir. Ancak akıl, vahyin ortaya koyduğu hükümleri anlama, onların amaç ve hikmetlerini kavrama ve ilahî buyrukları bilinçli şekilde uygulama konusunda vazgeçilmez bir role sahiptir. Bu nedenle Kur'an'ın bilgi anlayışında akıl ile vahiy arasında çatışma değil, tamamlayıcılık ilişkisi bulunmaktadır. Vahiy hükmün kaynağını oluştururken akıl, bu hükümlerin anlamını ve hikmetini kavrayarak insanın onları doğru şekilde yaşamasına katkı sağlamaktadır.

3. Gayb Alanında Aklın Sınırı

Kur'ân-ı Kerîm, müttakîlerin temel vasıflarını açıklarken onların "gayba iman ettiklerini" (Bakara 2/3) ve "ahirete kesin olarak inandıklarını" (Bakara 2/4) belirtmektedir. Bu ayetler birlikte değerlendirildiğinde, duyuların ve tecrübenin ötesinde bulunan gayb alanının, insan aklının bağımsız olarak bilgi üreteceği bir alan değil, Allah'ın vahiy yoluyla bildirdiği hakikatlerin tasdik edildiği bir alan olduğu anlaşılmaktadır. Kur'an, insanı akletmeye, düşünmeye ve tefekkür etmeye davet etmekle birlikte, gayb alanına ilişkin konularda "iman etmek" ve "tasdik etmek" kavramlarını kullanmaktadır. Bu durum, gaybî hakikatlerin yalnızca akli çıkarımlarla bütünüyle kuşatılamayacağını ve aklın bu alanda vahyin rehberliğine ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Gayb; Allah'ın zâtı ve sıfatları, melekler, vahiy, ahiret, cennet, cehennem ve kader gibi insanın doğrudan duyularıyla idrak edemeyeceği hakikatleri kapsamaktadır. Kur'an, "Gaybın anahtarları Allah'ın katındadır; onları O'ndan başkası bilmez." (En'âm 6/59) buyurarak mutlak

gayb bilgisinin yalnızca Allah'a ait olduğunu bildirmektedir. Kıyametin vaktinin bilgisi gibi bazı gaybî hususların da sadece Allah'ın bilgisi dâhilinde olduğunu ifade etmektedir (Lokmân 31/34). Dolayısıyla akıl, gayb alanı üzerinde düşünebilir, vahyin doğruluğunu kavrayabilir ve bildirilen hakikatleri anlamaya çalışabilir; ancak gaybî gerçeklikleri vahiyden bağımsız olarak belirleyen mutlak bir bilgi kaynağı değildir.

Bununla birlikte Kur'an, akıllı devre dışı bırakan bir anlayış benimsememiş; insanı Allah'ın varlığı, birliği, kudreti ve peygamberliğin doğruluğu üzerinde düşünmeye davet etmiştir. Ancak insan bilgisinin sınırlı olduğu da açıkça vurgulanmıştır: "Size ilimden ancak pek azı verilmiştir." (İsrâ 17/85). Bu sebeple akıl, vahyin doğruluğunu kavrayabilecek önemli bir yeti olmakla birlikte, gayb alanına ilişkin bilgileri kendi başına belirleyemez. Nitekim müteşâbih ayetlerin gerçek anlamının Allah'ın bilgisine havale edilmesi (Âl-i İmrân 3/7), insan aklının bilgi sınırlarını göstermektedir.

Müttakîlerin bir diğer vasfı olarak zikredilen "Onlar ahirete de kesin olarak inanırlar." (Bakara 2/4) ayetinde geçen "yûkinûn" ifadesi, ahiret hayatına şüpheden uzak kesin bir imanla bağlanmayı ifade etmektedir. Kur'an, ahireti inkâr edenlere karşı insanı kendi yaratılışı, yeryüzünün yeniden dirilmesi ve kâinattaki ilahî düzen üzerinde düşünmeye davet ederek ahiretin mümkünlüğünün aklen anlaşılabilir yönlerini ortaya koymaktadır (Yâsîn 36/77-83; Rûm 30/50). Ancak ölümden sonra dirilişin mahiyeti, hesap, mîzan, sırat, cennet ve cehennemin keyfiyeti gibi ayrıntılar, yalnızca vahiy yoluyla öğrenilebilen gaybî hakikatlerdir.

Sonuç olarak "Onlar gayba iman ederler." (Bakara 2/3) ayeti, insan bilgisinin sınırlarını ortaya koyan temel ilkelerden biridir. Kur'an, akıllı hakikate ulaşmada önemli bir nimet olarak kabul etmekle birlikte, duyuların ve tecrübenin ötesindeki gaybî hakikatlerin ancak vahyin bildirmesiyle bilinebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle gayb alanında esas olan, aklın bağımsız olarak hüküm vermesi değil, vahyin bildirdiği hakikatleri anlamak ve tasdik etmektir. Akıl, vahyin gerekliliğini ve doğruluğunu kavramada önemli bir role sahip olmakla birlikte, Allah'ın bildirmede gaybî hususlarda kendi başına belirleyici değildir.

SONUÇ

Kur'an-ı Kerim, insanın hakikati kavraması, ilahî vahyi anlaması, doğru ile yanlış ayırt etmesi ve sorumluluklarını bilinçli bir şekilde yerine getirmesi bakımından akla önemli bir değer atfetmektedir. Kur'an'da insan sürekli olarak düşünmeye, akıl etmeye, tefekkür etmeye, ibret almaya ve deliller üzerinde düşünmeye davet edilmekte; böylece aklın pasif bir yeti değil, hakikatin anlaşılmasında etkin biçimde kullanılması gereken bir imkân olduğu ortaya

konulmaktadır. Bununla birlikte Kur'an'ın akla verdiği bu değer, onun mutlak ve sınırsız bir bilgi ve hüküm kaynağı olduğu anlamına gelmemektedir.

Araştırma sonucunda ulaşılan temel kanaat, aklın sınırlarının onun değersizliğinden veya yetersizliğinden değil, yaratılmış ve sınırlı bir varlık olan insana ait olmasından kaynaklandığıdır. Akıl; yaratılmış âlem, sebep-sonuç ilişkileri, varlık, ahlak ve benzeri alanlarda önemli bir idrak ve muhakeme vasıtası olmakla birlikte Allah'ın zâtının mahiyeti, gayb âlemi, ahiret hayatının ayrıntıları ve ilahî teşrî gibi konularda kendi başına kesin ve kuşatıcı bilgiye ulaşamaz. Bu alanlarda vahiy belirleyici olmakta, akıl ise vahyin bildirdiği hakikatleri anlamak, temellendirmek ve hayata aktarmakla görev yapmaktadır. Özellikle ibadetler ile helâl ve haramların belirlenmesinde hüküm koyma yetkisinin Allah'a ait olması, aklın vahyin yerine geçemeyeceğini açıkça göstermektedir.

Netice olarak Kur'an, akli ne bütünüyle dışlayan ne de onu mutlaklaştıran dengeli bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Akıl ile vahiy arasında bir çatışmadan ziyade görev ve yetki bakımından bir tamamlayıcılık söz konusudur. Akıl, vahyin anlaşılması ve uygulanmasında vazgeçilmez bir araç iken vahiy, aklın ulaşamayacağı alanlarda insana rehberlik etmektedir. Bu nedenle Kur'an'ın öngördüğü bilgi ve inanç anlayışında akıl, kendi sınırlarının farkında olarak vahyin rehberliğiyle kullanıldığında insanı hakikate ulaştıran en önemli imkânlardan biri hâline gelmektedir.

KAYNAKÇA

- Aydın, Mehmet S. *Din Felsefesi*. 10. Baskı. Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2014.
- Buhârî, Ebû Abdillâh Muhammed b. İsmâîl. *el-Câmi 'u's-Şaîh*. İstanbul: Çağrı Yayınları, 1992.
- Draz, Muhammed Abdullah. *Kur'an Ahlâkı*. çev. Emrullah Yüksel - Ünver Günay. İstanbul: İz Yayıncılık, 2009.
- Elmalılı, Muhammed Hamdi Yazır. *Hak Dini Kur'an Dili*. 10 Cilt. İstanbul: Eser Neşriyat, ts.
- Fazlur Rahman. *Ana Konularıyla Kur'an*. çev. Alparslan Açıkgenç. 8. Baskı. Ankara: Ankara Okulu Yayınları, 2018.
- Gazzâlî, Ebû Hâmid Muhammed. *el-Munkız mine'd-Dalâl*. Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-İlmiyye, 1988.
- Gazzâlî, Ebû Hâmid Muhammed. *İhyâ'ü 'Ulûmi'd-Dîn*. 4 Cilt. Beyrut: Dâru'l-Ma'rife, ts.
- İbn Âşûr, Muhammed et-Tâhir. *et-Tahtîr ve't-Tenvîr*. 30 Cilt. Tunus: ed-Dârü't-Tûnisîyye li'n-Neşr, 1984.
- İbn Hazm, Ebû Muhammed Alî b. Ahmed. *el-Faşl fi'l-Milel ve'l-Ehvâ' ve'n-Nihâl*. 5 Cilt. Beyrut: Dâru'l-Cîl, 1996.
- İbn Kesîr, İsmâîl b. Ömer. *Tefsîru'l-Kur'âni'l-'Azîm*. 8 Cilt. Beyrut: Dâru'l-Kütübi'l-İlmiyye, 1998.
- İbn Rüşd, Ebû'l-Velîd Muhammed b. Ahmed. *Faşlü'l-Mağâl*. Beyrut: Merkezü Dirâsâti'l-Vahdeti'l-'Arabiyye, 1997.
- İbn Teymiyye, Takiyyüddîn Ahmed b. Abdülhalîm. *Der'ü Te'ârûzi'l-'Akl ve'n-Nakl*. 11 Cilt. Riyad: Câmiatü'l-İmâm Muhammed b. Suûd, 1991.
- İzutsu, Toshihiko. *Kur'an'da Allah ve İnsan*. çev. Süleyman Ateş. İstanbul: Pınar Yayınları, 2017.
- İzutsu, Toshihiko. *Kur'an'da Dinî ve Ahlâkî Kavramlar*. çev. Selahattin Ayaz. İstanbul: Pınar Yayınları, 2013.
- Mâtürîdî, Ebû Mansûr Muhammed b. Muhammed. *Kitâbü't-Tevhîd*. nşr. Bekir Topaloğlu - Muhammed Aruçi. Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 2003.

- Mâtürîdî, Ebû Mansûr Muhammed b. Muhammed. *Te'vîlâtü'l-Şur'ân*. nşr. Bekir Topaloğlu. 18 Cilt. İstanbul: Mizan Yayınevi, 2005-2011.
- Müslim, Ebû'l-Hüseyin Müslim b. Haccâc. *el-Câmi 'u's-Şahîh*. İstanbul: Çağrı Yayınları, 1992.
- Okumuş, Mesut. *Kur'an'ın Felsefi Okunuşu*. Ankara: Otto Yayınları, 2015.
- Öztürk, Mustafa. *Kur'an, Tefsir ve Usûl Üzerine*. Ankara: Ankara Okulu Yayınları, 2011.
- Râzî, Fahreddin. *Mefâtîhu'l-Ğayb*. 32 Cilt. Beyrut: Dâru İhyâi't-Türâsi'l-'Arabî, 1999.
- Taberî, Ebû Ca'fer Muhammed b. Cerîr. *Câmi 'u'l-Beyân 'an Te'vîli Âyi'l-Şur'ân*. nşr. Abdullah b. Abdülmuhsin et-Türkî. 26 Cilt. Kahire: Dâru Hicr, 2001.
- Yavuz, Yusuf Şevki. "Akıl." *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi*. 2/238-242. İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, 1989.
- Yılmaz, Hasan Kamil. *Anahatlarıyla Tasavvuf ve Tarikatlar*. 16. Baskı. İstanbul: Erkam Yayınları, 2018.

İDEAL YÖNETİCİ MODELİ: KUR'AN KISSALARINDA PEYGAMBERLERİN SİYASİ VE İDARİ LİDERLİĞİ

Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ

Gümüşhane University, Faculty of Divinity, Department of Tafsir, 29000 Merkez, Gümüşhane e-mail:
abdaltuntas@hotmail.com

ORCID ID: 0000-0002-8578-8436

ÖZET

Kur'an-ı Kerim'de yer alan peygamber kıssalarında modern kamu yönetimi, siyaset bilimi ve liderlik teorileri bulunmaktadır. Kur'an kıssaları sadece bireysel ahlak ilkeleri sunmakla kalmaz; aynı zamanda devlet yönetimi, kriz yönetimi ve kurumsallaşma gibi konularda evrensel birer idari model ortaya koyar. Kur'an'ı Kerim'de yönetimin en temel ilkeleri adalet, meşveret ve liyakattir. Peygamberlik misyonu, yalnızca bireysel bir ahlak eğitimi veya inanç inşası değildir. İslam düşüncesinde peygamberler, toplumsal düzeni adalet ve merhamet temelinde kurmakla görevlendirilmiştir. Peygamberler siyasi misyon olarak, vahyin rehberliğinde adil bir toplumsal düzen kurmakla ve bunu yürütmekle görevlidirler. Çalışmada; Hz. Yusuf'un makroekonomik kriz yönetimi, idari planlama ve liyakat ilkesi ayetler ışığında incelenecektir. Hz. Musa'nın totaliter rejimlere karşı özgürlük ve teşkilatlanma mücadelesi farklı yönleriyle ele alınacaktır. Hz. Davud ve Hz. Süleyman'ın hukukun üstünlüğü, askeri deha, diplomasi ve bürokratik kurumsallaşma modelleri ortaya konulacaktır. Hz. Zülkarneyn'in küresel güvenlik stratejileri ilgili kaynaklardan da yararlanılarak analiz edilecektir. Nitel yönelimli literatür taraması ve metin analizi yöntemiyle hazırlanan bu çalışma, peygamberlerin siyasi liderlik pratiklerinin modern yönetim ilkeleri olan adalet, liyakat, şeffaflık, istişare (şura) ve hesap verilebilirlik kavramlarıyla olan güçlü bağını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, çağdaş yönetim krizlerine karşı Kur'an kıssalarının sunduğu idari çözümlerin uygulanabilir ve toplumun menfaatine uygun olduğu ortaya konulacaktır. Vahiy kaynaklı anlatılar sadece tarihsel veya bireysel ahlaki menkıbeler değildir. Aksine yönetimin temel unsurlarını, kriz yönetimini ve stratejik planlamayı da içeren evrensel idari ilkeler bütünüdür.

Anahtar Kelimeler: Kur'an, Tefsir, Kıssa, Siyaset, Adalet, İstişare

THE IDEAL RULER MODEL: POLITICAL AND ADMINISTRATIVE LEADERSHIP OF PROPHETS IN QURANIC NARRATIVES

ABSTRACT

Quranic narratives of the prophets contain modern public administration, political science, and leadership theories. Quranic stories do not merely offer individual moral principles; they also present universal administrative models for state governance, crisis management, and institutionalization. The fundamental principles of governance in the Holy Quran are justice,

consultation (shura), and meritocracy. The prophetic mission is not solely an individual moral education or the construction of faith. In Islamic thought, prophets are tasked with establishing a social order based on justice and compassion. As a political mission, prophets are responsible for establishing and maintaining a just social order under the guidance of divine revelation. In this study, Prophet Joseph's (Yusuf) macroeconomic crisis management, administrative planning, and the principle of meritocracy will be examined in the light of Quranic verses. Prophet Moses's (Musa) struggle for freedom and organization against totalitarian regimes will be discussed through various aspects. The models of the rule of law, military genius, diplomacy, and bureaucratic institutionalization of Prophet David (Dawud) and Prophet Solomon (Sulayman) will be put forward. Prophet Dhul-Qarnayn's global security strategies will be analyzed by utilizing relevant sources. Prepared using qualitative literature review and textual analysis methods, this study aims to reveal the strong connection between the political leadership practices of the prophets and modern governance principles such as justice, meritocracy, transparency, consultation (shura), and accountability. The findings will demonstrate that the administrative solutions offered by Quranic narratives against contemporary management crises are applicable and beneficial to society. Revelation-based narratives are not just historical or individual moral fables. On the contrary, they constitute a body of universal administrative principles that encompass the core elements of governance, crisis management, and strategic planning.

Keywords: Quran, Tafsir, Narrative (Qissa), Politics, Justice, Consultation (Shura)

GİRİŞ

Konunun Önemi ve Amacı

Günümüz dünyasındaki siyasi ve idari krizlerin temelinde ahlaki ve liyakat temelli liderlik eksikliği yatmaktadır. Ehliyet temelli liderlik yönetsel anlamda sorunlara çözüm üretir. Kur'an-ı Kerim, peygamber kıssaları üzerinden zaman üstü ve evrensel bir yapı arz eden idare sistemi inşa eder. Peygamberler kıssalar üzerinden iyi yönetim modellerini ortaya koymuş ve bunun uygulanma biçimini bizzat göstermişlerdir. Bu yönüyle zaman değişse de yönetsel anlamda temel ilkeler varlıklarını her dönemde sürdürmektedir.

Bu çalışma, peygamberlerin sadece dini tebliğci değil, aynı zamanda toplumsal düzeni inşa eden kurucu birer siyasi aktör ve aksiyon insanı olduklarını ortaya koyar. Kur'an kıssalarında Hz. Yusuf'un liyakati ve krizi doğru bir şekilde yönetmesi, Hz. Süleyman'ın kurumsal olarak yönetim organlarını oluşturması ve Hz. Musa'nın adalet mücadelesi günümüz idarecilerine pratik ve temel ilkeler sunmaktadır. Bu çalışma aynı zamanda soyut yönetim kuramlarını,

vahiyle şekillenmiş ve peygamberlerin hayatlarıyla somut tarihi örnekler üzerinden analitik bir çerçeveye oturtmayı hedeflemektedir.

Yöntem ve Kapsam

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden literatür taraması ve doküman analizi metodu kullanılmıştır. Kur'an-ı Kerim ayetleri, muteber tefsir kaynakları, hadis kaynakları temel veri kaynağı olarak belirlenmiştir. Kur'an'da yer alan kıssalar kronolojik değil, temel ilkeler olan "adalet, istişare, liyakat ve kriz yönetimi" gibi çeşitli idari temalar altında gruplandırılarak bir incelemeye tabi tutulmuştur.

Çalışma, ismi Kur'an'da geçen ve belirgin siyasi-idari liderlik vasıfları öne çıkan peygamberlerin (Hz. Yusuf, Hz. Musa, Hz. Davud, Hz. Süleyman ve Hz. Muhammed) kıssaları ile sınırlandırılmıştır. Bütün peygamberler inceleme konusu yapılmamış devlet yönetimiyle ilgili olan kıssalar tercih edilmiştir. Elde edilen veriler, modern yönetim bilimi ilkeleriyle sentezlenerek karşılaştırmalar yapılmış günümüz idari yapılarıyla kıyaslanmıştır.

1. BÖLÜM: KUR'AN'DA SİYASİ VE İDARİ LİDERLİK KAVRAMLARI

1.1. Liderlik, İmamet ve Emanet Kavramları

Liderlik, Kur'an'ı Kerim'de toplumu güzele, iyiliğe, doğruya, refaha yönlendirme sorumluluğu olarak ele alınır. Ayrıca adaleti yerine getirme yükümlülüğü olarak kabul edilir. Liderlik toplumun iyiye ve doğruya yönlendirilmesinde en önemli organdır. Ayrıca devlet mekanizmasının işleyişindeki kuralların uygulanmasının gözetim ve denetiminin sorumluluğu da ona aittir.

İmamet, önderlik ve rehberlik anlamına gelmekte olup topluma yön veren, onlara yol gösteren, öncü olan yöneticilerdir. Kur'an'da; hem hakka (Secde 32/24) hem de şerre (Kasas 28/41) çağıran liderler ile kıyamet günü her insan topluluğunun kendileriyle birlikte çağrılacağı (İsrâ 17/71) önderler için 'imam' kelimesi kullanılır. İmam terimi, insanı yönlendiren, bir şeyi yapıp etmeleri noktasında onları motive eden, iyi ya da kötü, bilinçli eğilimlere işaret etmek üzere soyut bir anlam taşımaktadır. ((Râzî, 1981: 21/18)

Kur'an'da emanet farklı manalarda kullanılmaktadır. Emanetin konumuzla ilgili yönü; Allah'ın siyasi yönetim yetkisini, devlet gücünü ve devlet kurumlarının idaresini muayyen bir süre için bir yöneticiye vermesidir. (Nisâ 4/58) Nisa suresi 58. âyette bahsedilen emanetin bir yönü de idari makamların ahaliye karşı adilane hareket etmeleridir. (Bilmen, 1992: 2/613) Emanet kişinin kendisi için faydalı ve güzel olanı tercih etmesi, halka karşı emaneti ise onların hukuklarını gözetmesi, alışverişte aldatmaması ve yöneticilerin yönettiği kimselere karşı adaleti uygulamasıdır. (Yazır, 1979: 2/1372).

1.2. Adalet, Meşveret (Danışma) ve Liyakat İlkeleri

Adalet, Kur'an'da ortaya konulan siyasi sistemin merkezinde yer alır. Adalet sayesinde toplumsal barış ve birliktelik sağlanır. İnsanlar arası ilişkiler adalet temelinde yürür. Kur'an'da adaleti uygulamada yönetilenlerin yani halkın dini, dili veya kökeni bakılmaz. Her ne surette olursa olsun, her hak sahibine hakkının verilmesi ve adaletli davranılması emredilir. (Nisâ 4/58) Meşveret veya istişare ortak aklın kullanılması, bilgi ve tecrübenin paylaşılmasıdır. İstişarede görüşlerin karşılıklı paylaşılması, müzakere edilmesi ve en doğruya ulaşma çabası vardır. Bu da katılımcı bir yönetimi zorunlu kılmaktadır. Danışma mekanizmasıyla hata oranı en aza indirilmeye çalışılır. Şûrâ sûresi 38. âyette müminlerin işlerinin aralarında istişare ile olduğu belirtilir. Ayrıca Peygambere iş hususunda ashabıyla istişare etmesi emredilir. "(Ey Muhammed!) İş konusunda onlarla istişare et. Kararını verdiğin zaman da artık Allah'a dayanıp güven." (Âl-i İmran 3/159)

Liyakat idari ve yönetsel görevlerin akrabalık, zenginlik veya kayırmacılığa göre değil, işi en iyi ve güzel yapacak beceri ve kabiliyete sahip kişilere tevdi edilmesidir. Görevlerin ehline verilmesi işlerin düzgün ve yerinde olmasını sağlar. Bunun yanında toplumsal bozulmanın ve çöküşünde önüne geçilmiş olur.

1.3. Peygamberlik Misyonunun Siyasi Boyutu

Peygamberlik gönderildikleri toplumda sadece bireysel bir ahlak eğitimi veya inanç inşası yapmamışlardır. İslam düşüncesinde peygamberler, aksiyon insanı olup toplumsal düzenin kurallarını da ortaya koymuşlardır. Bunu yaparken adalet ve merhamet çizgisi temelinde hareket etmişlerdir. Peygamberlerin bireysel misyonunun yanında siyasi misyonu da bulunmaktadır. Bu da vahyin rehberliğinde adil, eşit ve zulüm barındırmayan bir toplumsal düzen kurmak ve bunu en iyi şekilde yürütmektir.

Peygamberler, toplum içerisinde meydana gelen hukuki, sosyal ve bireysel anlaşmazlıkları vahyin öncülüğünde çözüme kavuşturmaya çalışmışlardır. Nitekim âyet-i kerime bu durumu net bir şekilde ortaya koymaktadır. "*Şüphesiz ki biz sana Kitab'ı hak olarak indirdik; ta ki insanlar arasında Allah'ın sana gösterdiği şekilde hükmedesin.*" (Nisâ 4/105).

Hadis-i şeriflerde de idarecilerin yönetiminde olan kimselere adeletli davranmaları emredilmiş ve bunun neticesinde elde edecekleri mükâfattan bahsedilmiştir: "*Yönettikleri insanlara, ailelerine ve sorumlu oldukları kişilere karşı adaletli davrananlar, Allah katında, Rahmân'ın yanında nurdan minberler üzerinde ağırlanacaklardır.*" (N5381 Nesâî, Âdâbü'l-kudât, 1)

Buna göre peygamberler hayatları boyunca ilahi emirler doğrultusunda hareket etmiş bireysel ve toplumsal haklar hususunda azami bir gayret göstermişlerdir. Onlar toplumdaki zulümleri

ve haksızlıkları engellemeye çalışmış toplumun huzuru ve selameti için ellerinden gelen gayreti göstermişlerdir. Nitekim Kur'an Musa (a.s.)'ın Firavun'la olan mücadelesinden bahseder: *"Firavun'a git, çünkü o iyice azdı. Ona yumuşak söz söyleyin, belki öğüt alır veya korkar."* (Taha 20/43-44) Allah Hz. Musa'dan Firavun'a giderken onunla yumuşak, ılımlı bir tarzda konuşmasını istemektedir. Belki Firavun aklını başına alır. Bu şekilde uygulanan yöntem, bütün çağlar için ve bir kişinin İslam dinini kabul edip Müslüman olmasına vesile olabilecek bütün tebliğ çabaları için geçerlidir. (Esed, 1999: 2/629)

Hz. Davud, Hz. Süleyman ve Hz. Muhammed (s.a.v.) gibi peygamberler, hem devlet başkanı hem ordu komutanlığı hem de kadılık yapmışlardır. Ayrıca devlet başkanı olarak başka devlet hükümdarları ile diplomatik ilişkiler kurmuşlardır. Bu peygamberler örneğinde görüldüğü gibi hem bireysel anlamda ahlaki ilkeleri yerleştirmeye çalışmışlar hem de hükümdar peygamber olarak da devlet başkanlığı ile ilgili olarak görevlerini yerine getirmeye gayret etmişlerdir. Ama tarihin hiçbir döneminde hükümdar olan peygamberler halkını ezmemiş, onlara zulmetmemiş bilakis merhamet ve adalet temelinde bir yönetim tarzı benimsemişlerdir.

Peygamberlerin yönetim modelinde herhangi bir meselede toplumun ileri gelenleriyle fikir alışverişi yapma yani şura ilkesine göre davranma vardır. Bu da günümüz açısından düşünüldüğünde demokratik bir yönetimin öngörüldüğünü gösterir. Kur'anî bir emir doğrultusunda peygamberler ve Müslümanlar kendi aralarındaki işleri şura esasına göre yürütmüşlerdir.

Hz. Peygamber örneğinde olduğu üzere Medine Sözleşmesi ve Hudeybiye antlaşması gibi önemli anlaşmalar yapması onun toplumsal barışı sağlamak ve birlikte yaşamın temellerini atmak için çalıştığını göstermektedir. Medine sözleşmesi farklı din sahiplerinin bir arada yaşayabileceğini göstermesi açısından çok önemlidir. Hudeybiye antlaşması da peygamberlerin barış ve sulh taraftarı olduklarını göstermesi açısından çok kıymetlidir. Bu antlaşma neticesinde barış temin edilmiş ve İslamiyet'in Arap yarımadasında yayılması hızlanmıştır.

Kur'an bir antlaşma yapıldığında o antlaşmaya uyulmasını ister. *"Antlaşma yaptığınızda Allah'ın ahdini yerine getirin."* (Nahl 16/91). Nitekim Hz. Peygamber Mekke müşrikleri ile yapılan Hudeybiye antlaşmasının şartlarına uymuş bunu bozmamıştır.

Peygamberler kamu malının korunması ve sosyal adalet hususunda da halkın ekonomik refahını korumaya çalışmışlardır. Onlar toplumdaki yoksulluğu önlemiş ve zekât-vergi sistemini adil bir şekilde yönetmişlerdir. Nitekim halk için çalışma ve bu uğurda gayret gösterme hadis-i şerifte övülen bir durumdur. *"Müslümanların yönetimini üstlenip de onlar için çalışmayan ve samimi davranmayan hiçbir idareci, onlarla birlikte cennete giremez."* (Müslim, İman: 229).

Peygamberlerin siyasi liderliğinin amacı kişisel bir güç ve saltanat elde etmek değildir. Çünkü onlar hükümdar bir peygamber olmayı değil kul bir peygamber olmayı tercih etmişlerdir. Peygamberlerin temel misyonu adaleti hâkim kılmak, temel hak ve özgürlükleri güvence altına almaktır. Ayrıca devlet otoritesini ilahi kaynağa dayanarak ahlak ilkelerine göre şekillendirmektedir.

2. BÖLÜM: KUR'AN SÜRECİNDE LİDERLİK MODELLERİ VE MODEL ŞAHSİYETLER

2.1. Hz. Yusuf: Kriz Yönetimi, İdari Planlama ve Liyakat

Kur'an'ı Kerim'de "Ahsenü'l-Kasas" (kıssaların en güzeli) (Yusuf 12/3) olarak vasıflandırılan Hz. Yusuf'un hayatı çeşitli aşamalarıyla bizlere anlatılır. Hz. Yusuf bireysel olarak çeşitli imtihanlara tabi tutulmuştur. Daha sonra Mısır'da maliye bakanı olmasıyla birlikte yaklaşımda olan krize tedbir almış, zor zamanlarda devleti en güzel şekilde idare etmiştir. Onun uyguladığı bu yönetim biçimi sayesinde devlet büyük bir krizle karşı karşıya gelmemiş, kendi ülkesinde ve çevre ülkeler tarafından takdir edilmiştir. Bu uygulanan siyaset evrensel unsurları barındırmakta her çağa örneklik teşkil edecek bir mahiyet arz etmektedir. Yusuf kıssası; zindandan saraya uzanan süreçte, bir liderin kriz anlarında nasıl teenni ile hareket edeceğini, geleceği nasıl planlayacağını ortaya koyması açısından önemlidir. Ayrıca idari kadroları belirlerken hangi hususlara dikkat edileceğini ortaya koyması açısından somut örneklikler barındırmaktadır.

A. Kriz Yönetimi: Rasyonel Öngörü ve Panik Yönetimi

Hz. Yusuf'un kıtlık öncesi ve esnasında uyguladığı stratejiler, modern kriz yönetiminin temel ilkelerini barındırmaktadır. Kriz yönetiminin ilk aşaması gelen krizi algılama ve erken uyarı sistemini devreye sokmadır. Bu da Allah'ın Hz. Yusuf'a verdiği bir özellik olarak Mısır melikinın rüyasını doğru yorumlaması ile başlamaktadır. Hz. Yusuf, rüyadaki yedi semiz ve yedi zayıf ineği somut bir veri olarak ele almış, yaklaşan ekonomik çöküşü önceden tahmin ederek gerekli tedbirleri zamanında planlamıştır.

Yaklaşan felakete karşı toplumsal panik havası estirmemiş süreci başarıyla yönetmiştir. Başlangıçtaki bu yönetim biçimi sürecin en önemli ve kritik aşamasıdır. Hz. Yusuf, halkta korku ve infial yaratacak unsurları en başta ortadan kaldırmıştır. Yedi yıllık bolluk döneminde üretilen mahsulün başaklarında muhafaza edilerek saklanması yönünde net, uygulanabilir ve güven verici bir dizi eylem planı ortaya koymuştur. (Yusuf 12/47) Bu yöntemle hem lojistik bir çözüm üretilmiş hem de kıtlık psikolojisinin yaratacağı istifçilik ve kargaşa engellenmiştir. Sonuç olarak, rasyonel öngörüye dayalı bu sakin ve planlı duruş, kriz anlarında kitle

psikolojisini yönetmenin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Kitlese bir panik havası estirmekten ziyade toplumda oluşabilecek endişeyi en güzel şekilde yönetmiş tarihsel bir örneklik ortaya koymuştur.

Kriz yönetimi, beklenmeyen ve tehlike arz eden durumlar ve olaylar karşısında rasyonel ve mantıklı kararlar alabilme kabiliyetidir. Ayrıca toplumu paniğe ve endişeye sevk etmeden süreci sağlıklı bir şekilde idare etme yeteneğidir. Hz. Yusuf'un kriz yönetimi, Mısır melikinin gördüğü ve kimsenin yorumlayamadığı bir rüya ile başlar. Rüya da yedi semiz inek yedi zayıf inek tarafından yenilmekte ve yedi yeşil başakla birlikte yedi kuru başak bulunmaktadır. (Yusuf 12/43)

Hz. Yusuf, rüyayı sadece tabir etmekle kalmamış, aynı zamanda yaklaşmakta olan ekonomik felaketi (yedi yıllık kıtlık) öngörerek bunu stratejik bir şekilde çözüme kavuşturmuştur. Hz. Yusuf gelmekte olan krizi fark etmiş ve bunun için de hazırlıklar yapmıştır. Hz. Yusuf felaket tellallığı yapmamış, krizin üstesinden gelmek için somut adımlar atmış ve bir planlama içerisine girmiştir.

B. İdari Planlama

Hz. Yusuf'un Mısır'da maliye ve tarım yönetiminin başına geçmesi o dönemde ekonominin temel dinamiklerine göre hareket ettiğini göstermektedir. O kriz dönemlerinde merkezi idaride çok önemli planlamalar yapmış ve bunu da uygulamıştır. Onun bu uygulaması tasarruf ilkesinin önemini gösteren yapısal bir reform süreci olarak addedilebilir. Hz. Yusuf görevi Mısır melikinden isterken kendisini "bilgili ve koruyucu" olarak tanımlamıştır. (Yusuf 12/55) Aslında o bu göreve liyakatli ve ehliyetli olduğunu ifade etmek istemişti. Göreve gelir gelmez tarım alanlarını, iş gücünü yerli yerinde kullanmış, tek yetkili olarak süreci bir merkezden yürütmüştür. Merkezden yapılan bu planlamayla, bolluk yıllarında üretilen fazla ürün israf edilmeden kontrol altında tutulmuş ve kıtlık zamanlarında bu ürünler uygun yerlerde harcanmıştır.

Hz. Yusuf tasarruf politikaları ve sürdürülebilirlik üzerine bir strateji belirlemiş ve bunu o topluma uygulamıştır. Hz. Yusuf sadece günlük politikalar uygulamamış uzun vadeli ve sürdürülebilir bir ekonomi planı hazırlamıştır. Kur'an'da Hz. Yusuf'un o toplum için tavsiye ettiği plan ayette şu şekilde ifade edilir: *(Yusuf) dedi ki: "Yedi yıl adet üzere ekeceksiniz; yediklerinizi başağında bırakın (depolayın), az bir kısmı hariç, saklayacaklarınızdan yiyeceksiniz. Sonra bunun arkasından yedi kurak (ve kıtlık) yılı gelecektir; sakladıklarınızın az bir kısmı hariç, o dönem için biriktirdiklerinizi yiyip bitirecektir. Sonra bunun arkasından da insanların suya kavuşacağı bir yıl gelecektir..."* (Yusuf 12/47-49) Burada Allah'ın

Peygamber'inin o kavme tavsiye ettiği bir istişare durumu vardır. Onların yedikleri hariç yiyeceklerini saklamaları onların faydasına olan bir durumdur. (Taberî, 2001: 13/190)

Buna göre bolluk yıllarında (yedi yıl) üretimin maksimum düzeyde tutulması ve mahsulün başakları üzerinde (bozulmadan) depolanması, devlete ait güvenli depoların oluşturulması gerektirmiştir. Kıtık yıllarındaki (yedi yıl) açlıkla mücadele edebilmek için bolluk döneminde sıkı bir tasarruf ve tüketim disiplinin uygulanması hayata geçirilmiştir. Bu planlama hem Mısır'ı hem de komşu bölgeleri büyük bir felaketten kurtarmıştır.

C. Liyakat ve Güvenilirlik İlkesi

Hız. Yusuf'un Mısır yönetiminde üstlendiği üst düzey sorumluluk, kamu yönetiminde liyakat ve güvenilirlik ilkelerinin yerli yerinde uygulandığını gösteren evrensel tarihsel bir modeldir. Kendisine yönelik iftiralarından aklanıp kendisini temize çıkardıktan sonra hapisten çıkararak hükümdarın güvenini kazanması önemli bir parametredir. İdari görevlerin verilmesinde güven, karakter ve dürüstlük önemli ilkelere dendir. Hız. Yusuf'un makam talep ederken kendi niteliklerini öne çıkarması başta hoş bir durum gibi görünmese de, toplumsal faydayı gözeterek böyle bir adımı atması da yerinde bir davranış biçimi olmuştur.

Yönetimde güvenilirlik ilkesi temel ilkelere dendir bir tanesidir. Normal zamanlarda ve özellikle de kriz anlarında insanların güveneceği idarecilerin olması devlete bağlılığı artıran aidiyet hissi oluşturan bir unsurdur. Hız. Yusuf, Mısır melikinın rüyasını mantıklı ve tutarlı bir şekilde yorumlayarak devleti bir buhrandan kurtarmıştır. Ayrıca ortaya koyduğu rasyonel çözüm sayesinde melik, devlet adamları ve halk nezdinde büyük bir güven ve itibar elde etmiştir. Bu güven, onun hazinenin ve tarımsal rezervlerin başına getirilmesine vesile olmuştur. Sonuç olarak, bilgi ve koruyuculuk vasıflarını kendi şahsında birleştiren Hız. Yusuf, liyakat sahibi olduğunu yaptığı işlerle göstermiştir. Muhtemeldir ki bu işleri yürütecek kadroları da liyakatli kimselerden seçmiş ve onlar da işi layıkıyla yapmış büyük bir ekonomik buhran suhuletle savuşturulmuştur.

Liderlikte başarı, liyakatli insanları doğru makamlara getirmekle ve yetkiyi ehil kişilere vermekle mümkündür. Hız. Yusuf, Mısır Hükümdarından kendisinin Mısır hazinelerin ve idari yönetimin başına getirilmesini talep ederken kendinin şu iki özelliğine dikkat çekmiştir: Hafız (İyi koruyan/yöneten) ve Âlim (Bilgili/uzman). (Yusuf 12/55).

Hız. Yusuf hem o iş için ehliyetlidir ve hem de o işi yapacak bir sadakate sahiptir. Hız. Yusuf, üstlendiği görevin sorumluluğunun bilincinde olarak hem işin ehli hem de dürüst ve güvenilir olarak ahlaki yetkinliğe sahiptir. O teknik kapasite, yeterlilik, bilgi ve donanıma sahip olduğunu

hükümdara ifade etmiş hükümdar da ona maliye bakanlığı görevini vermiştir. Hz. Yusuf'ta yaptığı icraatlar la bu görevin ehli olduğunu kanıtlamıştır.

Hz. Yusuf Mısır maliye bakanı olduktan sonra bir sistem kurmuştur. Bu sistemde liyakat temelli bu yaklaşım benimsenmiştir. Yine bu sitemde kayırmacılığın ve adaletsizliğin önüne geçilerek devletin kritik kaynaklarının en verimli şekilde yönetilmesi sağlanmıştır. Diğer çevre devletlerinin karşılaştığı krize Mısır maruz kalmamış büyük bir felaket adil bir paylaşım ile atlatılmıştır.

2.2. Hz. Musa: Özgürlük Mücadelesi, Teşkilatlanma ve Stratejik Değişim

Hz. Musa'nın özgürlük mücadelesi teolojik, siyasi ve askeri açıdan büyük kitlesel dönüşüm hareketlerinden birisidir.

2.2.1. Özgürlük Mücadelesi: Esaretten Çıkış ve Karizmatik Liderlik

Hz. Musa'nın önderliğinde gerçekleşen İsrailoğulları'nın Mısır'dan çıkış süreci, tarihte az rastlanan somut bir özgürlük mücadelesidir. Hz. Musa karizmatik liderliğiyle kitlelere harekete geçirmiş onları özgürleştirmek için ölümü dahi göze almıştır. Yüzyıllar boyunca firavun yönetiminin mutlak baskısı ve esareti altında bir insan topluluğunu örgütlemek ve onlara umut vermek kolay bir iş değildir. O bu özgürlük mücadelesinde zihinleri değiştirmiş, statükoya isyan etmiştir. Hz. Musa, meşruiyetini ilahi otoriteden alan yüksek adalet bilinci ve hitabet gücüyle kitleleri etkilemiştir. Onları özgürlük ideali etrafında birleştirerek inançlı bir halka dönüştürmüştür.

Karizmatik liderlik teorileri bağlamında Hz. Musa, kriz anlarında kitlelere yönlendiren, kuralları yeniden düzenleyen ve halkına yüksek düzeyde adanmışlığı ilham eden bir liderdir. Firavun karşısındaki mücadelesi, saray hayatını reddederek halkının yanında yer alması ve Kızıldeniz'in geçişinde önemli kararlar alması gibi kırılma noktalarında sergilediği sarsılmaz inanç, takipçileriyle onun arasında derin bir psikolojik bağ kurmuştur. Esaretten çıkış yürüyüşü sadece fiziksel bir yer değiştirme değil; toplumsal kimliğinin yeniden oluşumudur. Ayrıca yeni bir hukukun ve normların (On Emir) sıfırdan inşa edildiği bir uluslaşma sürecidir. Sonuç olarak Hz. Musa'nın liderliği, en umutsuz anlarda bile rasyonel inanç ve vizyoner bir bakış açısı sunmuştur. Onun bu liderliği toplumsal kurtuluşun ve özgürleşmenin nasıl mümkün olabileceğini ortaya koyan evrensel bir modeldir. Hz. Musa'nın mücadelesi, köleleştirilmiş bir halkın (İsrailoğulları) firavun zulmünden kurtarılma isteği ve misyonu ile başlar.

Hz. Musa statükoya meydan okumuş, sarayda yetişmiş bir kişi olarak, dönemin en büyük askeri ve siyasi gücü olan Firavun'a karşı çıkmış ve bu uğurda eşsiz bir liderlik örneği sergilemiştir.

O vakitlerde Firavun'un gücü de dikkate alındığında Hz. Musa'nın gösterdiği bu tavır, bir hak ve özgürlük mücadelesi olarak zihinlerde yerini almıştır.

Özgürlük mücadelesi sadece İsrailoğulları ile birlikte fiziksel olarak Mısır'dan bir ayrılma değildir. İsrailoğulları ile yaptığı bu hicret putperest bir sistemden tevhit inancına dayalı, inanç tabanlı bir direniş olarak özgür bir kimlik inşa etme hareketidir. Hz. Musa bir peygamber olması hasebiyle mücadelesinin temelinde inancı vardır.

İsrail oğulları ile birlikte Kızıldeniz'in geçilmesi anı, kitle psikolojisini yönetme açısından çok önemlidir. Çünkü önde Kızıldeniz arkada Firavun vardı. Hiçbir umudun bulunmadığı bir anda bile kendi toplumuna bir inanç aşılama noktasında Hz. Musa büyük bir liderlik yapmış, karşılaşılan krizleri en güzel şekilde aşmasını bilmiştir.

2. Teşkilatlanma: Köle Toplumundan Devlete Geçiş

Hz. Musa'nın önderliğinde Mısır'dan çıkarılan İsrailoğulları, uzun yıllar maruz kaldıkları kölelik düzeni nedeniyle kurumsal yapıları oluşmamıştı. İsrailoğulları Mısırlılara karşı itaat eden, haksızlıklara karşı ses çıkarmayan dağınık bir topluluk görünümündeydi. Kölelik psikolojisinin getirdiği bu sistemsizlik, çölde seyahat eden kitlelerin idari, hukuki ve sosyal açıdan hızlı bir şekilde organize edilmesini zorunlu kılmaktaydı. Hz. Musa'nın teşkilatlanma sürecindeki ilk adımı, adalet mekanizmasını ve toplumsal hiyerarşiyi kurumsallaştırmak olmuştur. Hz. Musa başlangıçta tüm sorunları tek başına çözen lider profilinden, görev ve yetki dağılımı yapan kurumsal bir devlet modeline geçmiş, toplumsal dönüşümün temelini oluşturmuştur.

Mısır'dan çıkan kitle, yıllarca esaret altında kalmış, kuralsız ve organize olmamış büyük bir topluluktur. Hz. Musa, çölde bu kitleyi disiplinli ve organize olmuş bir topluma dönüştürmek için kapsamlı bir teşkilatlanma başlattı.

Hukuki Altyapı (On Emir): Toplumun ahlaki, hukuki ve dini anayasası olan On Emir, anarşiyi önleyerek toplumsal bir düzen oluşturmuştur. İlahi kaynaklı bu on emir toplumsal bir sözleşme olarak kabul görmüştür.

Kabile İdaresi ve Desantralizasyon: Kayınpederi Şuayb'ın (Jethro) tavsiyesiyle idari yapıyı bölmüştür. Toplumu binlik, yüzlük, ellilik ve onluk gruplara ayırarak başlarına liderler atamış, böylece yargı ve yönetim yükünü hafifletmiştir. Hz. Musa çözüm odaklı bir yaklaşım geliştirilmiş olayları mahallinde yani yerelde halletme yoluna gitmiştir.

Kurumsallaşma: İbadet düzeni (Buluşma Çadırı), kâhinlik sınıfı ve kabileler arası adalet mekanizmaları kurularak göçebe bir devlet yapısının temelleri atılmıştır.

3. Stratejik Değişim: Krizler ve Nesil Dönüşümü

Hız. Musa'nın liderlik serüvenindeki en zorlu dönemeç, Mısır'dan kurtarılan ilk neslin kölelik psikolojisini ve esaret kültürünü zihinlerinden söküp atması olmuştur. Vaat edilen topraklara (Arz-ı Mevud) giden yolda karşılaşılan askeri ve lojistik krizler karşısında bu neslin sürekli eskiye özlem duyması, isyan etmesi ve savaşmaktan korkması, bazı şeylerin değişimini zorunlu kılmıştır. Kölelik düzeninin getirdiği pısrıklık, korkaklık ve özgüvensizlik gibi olumsuz karakter özellikleri, bu kitlenin bağımsız bir devlet kurma vizyonunununa sahip olmadığını göstermektedir. Hız. Musa, bu derin sosyo-psikolojik tıkanıklığı aşabilmek için toplumu kökten değiştirerek yeni bir nesil inşa etme yoluna gitmiştir.

Bu stratejik değişimin uygulama alanı, İsrailoğulları'nın çöldeki kırk yıllık "Tih" (şaşkınlık ve sürgün) dönemi olmuştur. Hız. Musa, mevcut krizleri yönetirken çözümü zamana yayarak toplumu hızla askeri bir hedefe sürüklemek yerine, bir müddet bekleyerek kölelik zihniyetine sahip yaşlı neslin değişmesini beklemiştir. Bu kırk yıllık süreçte, eski nesil yerini çölün zorlu şartlarında yetişen, esaret görmemiş, özgür, disiplinli ve yepyeni bir nesle bırakmıştır. Yeni nesil, Sina Dağı'nda kurumsallaşan hukuki ve dini kurallarla (On Emir) yoğrularak tam bir aidiyet ve devletleşme bilinci kazanmıştır. Sonuç olarak Hız. Musa'nın nesil dönüşümü stratejisi, kökleşmiş toplumsal zihniyet karşısında ancak sabırlı bir kurumsal eğitim ve kuşaksal yenilenmeyle çözülebileceğini gösteren en büyük tarihsel değişim yöntemi örneğidir.

Çöl hayatı, Hız. Musa için sürekli bir stratejik adaptasyon sürecidir. Hem halkı hem de kendisinin bu hayata alışması kendi idealinin gerçekleşmesi için bir vizyon belirlediğini göstermektedir.

Mısır'daki kölelik psikolojisinden kurtulamayan halk (Buzağıya tapma, sürekli şikâyet etme), özgürlüğün getirdiği sorumlulukları taşımakta zorlanmıştır. Bu da zihniyet dönüşümünün henüz tam manasıyla gerçekleşmediğini göstermektedir. Esaretten sonraki yeni bir hayat o toplumun birden adapte olacağı uyum sağlayacağı bir süreç değildi. Uzun süren bir esaret o toplumun algısında, düşüncesinde ve öngörülerinde olumsuz anlamda çeşitli değişikliklere sebep olmuştu.

2.3. Hız. Davud ve Hız. Süleyman: Kurumsal Devlet, Adalet ve Güç Yönetimi

Hız. Davud ve Hız. Süleyman dönemleri, İsrailoğulları'nın kabile eksenli yapısının rasyonel, merkeziyetçi ve kurumsal bir imparatorluk modeline dönüştüğü altın çağı temsil eder. Hız. Davud, askeri başarılarının yanı sıra ordu ve maliye teşkilatlarını modernize etmiştir. O devletin kurumsal temellerini atmış ve idari yapılanmada sadakat yerine liyakati ve ehliyeti esas almıştır. Onun kurduğu bu güçlü idari altyapı, hukukun üstünlüğü ve mutlak adalet ilkeleriyle desteklenmiş ve böylece devletin temelleri atılmıştır. Güç yönetiminde adaleti merkeze alan bu

yaklaşım sayesinde, devlet hem iç barışını korumuş hem de dışarda da saygı duyulan bir aktör olmuştur.

Sonuç olarak Hz. Davud'un ve Hz. Süleyman'ın yönetim biçimi; askeri, hukuki ve ekonomik gücün rasyonel bir kurumsal akılla ve adalet vizyonuyla şekillenmiştir. Bu örnek bölgesel bir gücün nasıl küresel çapta kurumsal bir devlete dönüşebileceğini tarihsel olarak göstermektedir.

Kurumsal Devletin Doğuşu ve Bürokrasi

Hz. Davut ve Hz. Süleyman'ın kurduğu devlet merkezi bir yönetim tarzını benimsedi. Kabile bağları yerine sadakat ve aidiyet hissine sahip düzenli ordu ve bürokrasi kuruldu. Bu şekilde devlet kabile devleti olmaktan çıkıp sistematik bir yapıyla çalışan bir mekanizma haline geldi. Hz. Davud Kudüs'ü fethederek devlete siyasi ve dini bir başkent yaptı. Başkent belirlenmesiyle devlet kimliği daha belirgin bir hale geldi.

İstihbarat ve posta işlerine de önem verildi. Geniş topraklara hükmetmek için güçlü bir haberleşme ağı oluşturuldu. Böylece başkente bilgi akışı gerçekleşti ve olaylara anında müdahale etme ve çözüm üretme daha da kolaylaştı.

Bu dönemde uluslararası ticarete gelişti. Hz. Süleyman döneminde deniz ticareti ve stratejik transit yollar kontrol altına alındı. Çünkü devletin kurulduğu coğrafya stratejik bir konumdaydı. Hz. Süleyman bu konumdan da istifade ederek ticaretin gelişmesine ön ayak oldu. Ticaretin gelişmesiyle birlikte halk zenginleşti ve refaha ulaştı.

Devlette hukukun üstünlüğü ilkesi benimsendi. Güç sahiplerinin değil, ilahî hukukun ve adaletin mutlak olarak uygulanması esas alındı. Bu durum halkın daha çok devleti benimsemesine ve ona güvenmesine vesile oldu. Ayrıca yargı bağımsızlığı da sağlandı. Haklının hakkını güçlüden aldığı, ayrımcılıktan uzak bir mahkeme yapısı işletildi. Mazlum ve kimsesiz de olsa halk mahkemeler vasıtasıyla hakkını aldığı devlete bağlılığı ve sadakati arttı.

Toplumda sosyal denge sağlandı. Adalet, zayıfları ve yetimleri koruyan toplumsal bir güvence mekanizması oldu. Güç sahipleri yaptıklarının bir karşılığının olduğunu görüp ona göre bir tavır takındılar ve haksızlık yapmamaya özen gösterdiler. Çünkü iyi işleyen bir adalet mekanizması her şeyi yerli yerine koyuyor, mazlumin hakkını koruyordu.

Güç Yönetimi ve Siyasi Deha

Hz. Davud'un demiri işlemesiyle (zırh sanayisi) askeri ve teknolojik üstünlük sağlandı. Bu da caydırıcı güç unsuru olarak temayüz etti. Bunun neticesinde düşman devletler kendilerini buna göre konumlandırmak zorunda kaldılar. Çünkü savaş teknolojisi açısından bir ilerleme düşmanlar açısından dikkate alınması gereken bir husustur.

Bazen yönetimde yumuşak güçte (Soft Power) kullanmak gerekmektedir. Hz. Süleyman, Sebe Melikesi Belkıs örneğinde olduğu gibi diplomasi ve estetiği kullandı. Herhangi bir savaşa meydan vermeden işi suhuletli bir şekilde halletti. Yazdığı mektupta kullandığı dil onu herhangi bir çatışmaya girmekten korudu.

Doğaya ve kaynaklara hükmetme durumu da söz konusu oldu. Rüzgâr, madenler ve insan gücü gibi tüm kaynaklar stratejik verimlilikle yönetildi. Devlet kaynakları yerli yerinde kullanıldı. Doğadan maksimum bir şekilde yararlanıldı. Bu da bir zenginliği ve refahı getirdi. Kaynaklar ve verimlilik arasındaki denge devletin daha düzgün işlemesine ve uzun süre yaşamasına vesile oldu.

2.4. Hz. Zülkarneyn: Küresel Güç Dengesi ve Kamusal Güvenlik İnşası

Hz. Zülkarneyn'in liderlik vizyonu örnek alınması gereken hususları içermektedir. Onun liderliği bölgesel sınırları aşarak küresel ölçekte adaleti sağlayan, güç dengesini koruyan bir yapıdaydı. Onun ortaya koyduğu sistem kamusal güvenlik politikaları üreten evrensel bir yönetim modelidir. Batı ve Doğu seferleriyle o dönemin bilinen dünyasında stratejik bir denge unsuru haline gelmişti. O askeri ve siyasi gücünü bir baskı aracı olarak değil, mazlumların korunması ve adaletin tesisini gerçekleştirmek için kullanmıştır. Hz. Zülkarneyn, fethettiği coğrafyalarda yerel halkların inanç ve yaşam biçimlerine saygı göstererek kapsayıcı ve kucaklayıcı bir yönetim anlayışı ortaya koymuştur.

Kamusal güvenlik inşasının en somut örneği ise yeryüzünde fesat çıkaran Ye'cüc ve Me'cüc krizine karşı uyguladığı yöntemdir. Bu çok önemli bir stratejiyi bünyesinde barındırmaktadır. Kendisinden yardım isteyen bir kavmi yalnız bırakmamış; aksine herhangi bir ücret istemeden yerel halkın iş gücünü ve kaynaklarını (demir kütleleri ve erimiş bakır) organize ederek kolektif bir savunma altyapısı kurmuştur. İnşa edilen bu devasa set, sadece fiziksel bir engel değil; dışarıdan gelebilecek tehditlere karşı sınır güvenliğini sağlamanın bir yolu olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca benimsenen usul zayıf toplumları küresel şoklara karşı dirençli hale getirmenin de yapısal bir yöntemini de ortaya koymaktadır.

Küresel Güç Dengesi ve Siyasi Ahlak

Zülkarneyn doğu ve batı egemenliğini gerçekleştirdi. İsminin anlamı gereği "iki boynuz/cihet" sahibi olarak, doğu ve batı dünyasını tek bir adalet şemsiyesi altında birleştirdi. Yaptığı faaliyetlerle adaleti toplumda hâkim kıldı. O gücünü zorbalıktan ve zulümden değil, Allah'ın kendisine verdiği imkân, bilgi ve yetki (sebe) gibi unsurlardan aldı. Bunu da ifade edip hep bir şükran ve minnet duygusu içerisinde oldu. O mazluma şefkat, zalime de yaptığı davranışlardan dolayı ceza verdi. Gücü tekelleştirmek yerine, iyiliği ödüllendiren ve haksızlık

yapanı cezalandıran evrensel bir döngü kurdu. Böylece bir güven ortamı meydana geldi ve herkes devletine güvenir bir hale geldi.

Kamusal Güvenlik İnşası ve Sedd Stratejisi

Ye'cüc ve Me'cüc tehdidini en güzel şekilde ortadan kaldırmıştır. Küresel anarşi, terör ve yağmacı gruplara karşı toplumsal güvenliği ve asayişini yeniden tesis etti. Hz. Zülkarneyn yeryüzünde fesat çıkaran Ye'cüc ve Me'cüc tehdidini en güzel bir biçimde ortadan kaldırmış ve yeryüzünde bozgunculuk çıkarmalarının önüne geçmiştir. İki dağ arasına demir kütleleri yığıp üzerine erimiş bakır dökerek aşılmaz bir savunma duvarı inşa etmiştir. (Kehf 18/96) Bu da onun coğrafi ve mühendislik dehasını ortaya koymaktadır. Çünkü setin gerisinde bulunanlar ne kadar denedilerse de seti aşmaya muktedir olamadılar. Bu işlem o zamanın teknolojisine göre muazzam bir şeydi.

Yardım ettiği halkın haraç ve vergi teklifini reddederek, karşılıksız bir kamu hizmetini sunmuştur. Bu da adanmışlık hissiyle açıklanabilecek bir durumdur. Yapılan işlem sonucunda orada bulunan halk kendisine bir ücret vermek istemiş fakat o bu ücret karşılığında bu işe yapmadığını ifade etmiştir. Bu da gerçek bir fedakârlık örneğidir.

Güvenlik duvarını tek başına yapmak yerine, yerel halkın emek ve fiziki desteğini organize ederek toplumsal aidiyet elde etti. Bu şekilde de halkın iş gücüne katılımını sağladı. Onların yapılan bu işi benimsemelerini temin etti. Aralarındaki işbirliğini ve dostluklarını geliştirdi. Toplumsal birliktelik sağlam bir zemine oturdu. İlişkileri samimi ve içten olmaya başladı. Çünkü fiziki birliktelik gönüllerin de birlikteliğini getirdi.

Teknoloji ve kaynak yönetimini toplumsal yarar bağlamında en üst seviyede gerçekleştirdi. Demir ve bakır gibi stratejik madenleri birleştirerek döneminin en ileri teknolojisini kamu yararına kullandı. Eldeki kaynakları verimli bir şekilde kullanmak ekonominin temel stratejilerindendir. Hz. Zülkarneyn'de bunu en iyi bir biçimde kullanmış israfa gitmeyerek kaynakları yerinde kullanmıştır.

3. BÖLÜM: PEYGAMBERLERİN LİDERLİK ÖZELLİKLERİNDEN EVRENSEL İLKELERE

Tarihsel süreç boyunca farklı dönemlerde gönderilen peygamberler farklı coğrafyalarda, değişik sorunlarla karşı karşıya kalmışlardır. Peygamberler yaşadıkları çağda sorumluluklarını yerine getirmiş devleti ve halkı en güzel şekilde idare etmişlerdir. Onların kullandığı sevk ve idare pratikleri, günümüz modern yönetim bilimi açısından evrensel ilkeleri bünyesinde barındıran stratejik birer model niteliğindedir. Bu liderlik modelleri tahlil edildiğinde; Hz. Yusuf'un makro-ekonomik buhranlara karşı geliştirdiği krizi önden tespit edip rasyonel bir

öngörü sunması önemli bir stratejidir. Yine ürünleri depolama süreci halkın daha sonra karşılaşacağı kıtlık vb. durumları ortadan kaldırmıştır. Onun bu yaptığı organizasyon "proaktif kriz yönetimi" ve "stratejik kaynak planlaması" ilkelerinin tarihsel temelini oluşturur. Yine kamu kaynaklarının liyakat ve güvenilirlik (ehliyet) esasıyla, kişisel çıkarlardan uzak tutarak yönetmesi, günümüzde ortaya konan şeffaf ve hesap verebilir kurumsal yönetim ilkelerinin en somut yansımasıdır. Yapılanların geneline bakıldığında peygamberlerin yönetim anlayışı, sadece dönemsel çözümler ortaya koymamış, bir devlet organizasyonunun yürütülmesinde yapısal ilkeler bütünü sunmuştur.

Diğer taraftan, toplumsal krizlerin ve zihniyet dönüşümlerinin sevk ve idare edilmesinde sergilenen stratejiler, makro düzeyde bir kurumsallaşmayı da beraberinde getirmektedir. Bu o toplumun devletleşme süreçlerinin tamamlanmasına zemin hazırlamaktadır. Hz. Musa'nın kölelik psikolojisine sahip, çekingen, korkak ve dağınık bir topluluktan bir devlet inşa etmesi bu değişimin boyutlarını göstermesi açısından çok önemlidir. Benzer şekilde, Hz. Davud ve Hz. Süleyman'ın adalet eksenli bürokratik mekanizmalar kurması, askeri bir güç oluşturmaları da devletleşme açısından somut örneklikleri barındırmaktadır. Hz. Zülkarneyn'in kapsayıcı sınır güvenliği ve ortaya koyduğu savunma stratejisi de küresel güvenlik açısından önemli veriler sunmaktadır. Sonuç olarak, peygamberlerin liderlik ettiği toplumlarda ortaya koymuş oldukları pratiklerden çıkarılan evrensel ilkeler; adalet, liyakat, stratejik planlama ve insan odaklı vizyoner yaklaşımlardır. Ortaya konan bu evrensel ilkeler çağlar değişse dahi devletlerin bekası için değişmez temel unsurlardır.

3.1. Ahlaki Temeller: Doğruluk, Güvenilirlik ve Şeffaflık

Doğruluk (Sıdk) topluma önderlik eden liderin özü ile sözünün bir olmasıdır. Hz. Muhammed'in (s.a.v.) Safa Tepesi'nde Mekkelilere hitap ederken, "Şu dağın arkasında bir ordu var desem inanır mısınız?" sorusuna karşılık hepsinin "Evet, senin hiç yalan söylediğini duymadık" demesi bu ilkenin evrensel tescilidir. Hz. Peygamber doğru sözlü idi ve ömründe hiç yalan söylemişti.

Güvenilirlik (Emanet) lider ile onu takip edenler arasındaki en kritik bağıdır. Hz. Muhammed'e daha peygamberlik gelmeden önce bile o Muhammedü'l-Emîn'di. Ona o toplumda güvenilir Muhammed denilmekteydi. Hz. Muhammed hicret ederken kendisine düşman olanların emanetlerini bile sahiplerine teslim etmek için Hz. Ali'yi görevlendirmişti. Bu da ona ne kadar çok güvenildiğini göstermektedir.

Peygamberler yaptıkları işlerde şeffaflık ilkesine riayet etmişlerdir. Şeffaflık onların gizli gündemlerinin olmaması ve hesap verilebilirliktir. Peygamberler vahiyle gelen tüm mesajları

gizlemeden, olduğu gibi toplumlarına iletmişlerdir. Zaten bir gizleme durumu olmayacağı bizzat Kur'an tarafından ifade edilmektedir. Alınan kararlar toplumun bilgisi dâhilinde alınmış herhangi bir karartma ve gizleme söz konusu olmamıştır.

Modern yönetimde etik liderlik olarak adlandırılan evrensel bir ilkeye de işaret etmek gerekmektedir. Kurumların işleminde ve devletin yönetiminde dürüstlük, açık iletişim ve güven inşası sürdürülebilirlik açısından çok önemli bir durumdur. Dürüstlük temelinde kurulan bir yapının devamı hususunda herhangi bir tereddüt ortaya çıkmaz. İnsanların birbirlerine karşı açık ve şeffaf olduğu, birbirlerine güvendiği toplumlar sağlıklı toplumlardır.

3.2. Sosyal İlişkiler: Halkla İlişkiler, Merhamet ve İstişare Kültürü

Peygamberlerin diğer bir özelliği de halkla olan iletişim ve diyaloglarıdır. Peygamberler toplumdan kopuk fildişi kulelerde yaşamamışlardır. Hep onlarla birlikte zaman geçirmiş, kederlerine ve sevinçlerine ortak olmuşlardır. Hükümdar bir peygamber değil kul bir peygamber olmayı tercih etmişlerdir. Halkın içinde, onlardan biri gibi davranmışlardır. Birlikte yemek yemiş, birlikte savaşmış ve ibadetlerini onlarla birlikte yapmışlardır. Hz. İsa'nın cüzzamlılara ve dışlanmışlara dokunması, Hz. Muhammed'in çocuklarla selamlaşması bu iletişimin gücünü gösterir.

Peygamberler toplumlarına karşı hep merhamet üzere olmuşlardır. Kur'an-ı Kerim'de Hz. Muhammed için *"Allah'ın rahmeti sayesinde sen onlara karşı yumuşak davrandın. Eğer kaba ve katı yürekli olsaydın, şüphesiz etrafından dağılıp giderlerdi..."* (Âl-i İmrân 3/159) buyrulur. Yumuşak söz kalplere sert sözlerden daha kolay nüfuz eder, daha çabuk kabul edilir ve ona daha çok itaat edilir. Bu durum insanlar arasında bilinen bir husustur. (Mâturîdî, 2005: 2/457) Bu ayete göre başarı, katı kurallarla değil, insan odaklı yaklaşım, merhamet, sevgi ve empatiyle meydana gelir.

Peygamberlerin en önemli özelliklerinden birisi de istişareyi yani ortak aklı sık sık kullanmalarındır. İstişare liderin her şeyi tek başına bilmediğini kabul etmesidir. Nitekim Hz. Peygamber kadar hiç kimse istişare eder değildi. O bireysel işlerinde ve toplumu ilgilendiren hususlarda mutlaka istişare ederdi. Hz. Muhammed, Bedir Savaşı'nda su kuyularının konumlandırılmasında ve Uhud Savaşı'nda şehir savunması yerine meydan savaşı yapılması kararlarında ashabının (özellikle gençlerin) görüşlerine uymuştur. Hendek Savaşı'nda yapılan istişare sonucunda Selman-ı Farisi'nin hendek kazma önerisini kabul etmişti.

Bugünün dünyasında “Katılımcı Liderlik” ve “Duygusal Zekâ” (EQ) kavramları da yönetimde önemli ilkelerdendir. Takım çalışması, çalışan memnuniyeti ve ortak akıl üretimi bu ilkelerin

temel yansımasıdır. Nitekim Hz. Peygamber Mescid-i Nebevi'nin yapılmasında, Hendek savaşında hendeğin kazılmasında vb. durumlarda bizzat sahabesiyle birlikte çalışmıştır.

3.3. Kriz ve Risk Yönetimi: Zor Zamanlarda Karar Alma Mekanizmaları

Peygamberler herhangi bir olay karşısında soğukkanlı davranmış ve stratejik bir vizyon geliştirmişlerdir. Kriz anlarında paniklememek liderin en büyük sınavıdır. Hz. Musa'nın arkasında Firavun'un ordusu, önünde Kızıldeniz varken gösterdiği "*Rabbim şüphesiz benimledir, bana yol gösterecektir*" (Şuarâ 26/62) teslimiyeti ve metaneti buna en büyük örnektir.

Kur'an'a baktığımızda peygamberlerin risk yönetme ve planlama konusunda mahir olduklarını görürüz. Tevekkül, tedbir almayı engellemez. Hz. Yusuf'un Mısır'daki 7 yıllık bolluk döneminde buğdayları başaklarında saklayarak muhafaza etmesi ve yaklaşan 7 yıllık kıtlık krizini önceden yönetmesi (Stratejik Planlama / Erken Uyarı Sistemi) kusursuz bir risk yönetimidir. Yine Hz. Peygamber'in Hendek savaşında hendeği kazmaya zamanında başlaması, Mekke müşriklerinin gelişini ve hendeğin kazılmasını ayarlaması da planlama açısından önem arz etmektedir. Hz. Nuh'un yine gemiyi yapması, yeterli miktarda erzakı gemiye yükletmesi ve gemiye her çift hayvandan birer tane alması gibi örnekler yaklaşmakta olan bir riski yönetme örneklerindendir.

Bazen Peygamberler yüz yüze kaldıkları zor bir durum karşısında stratejik olarak geri çekilip esnek davranabilirler. Hudeybiye Antlaşması, kısa vadede Müslümanlar için zararlı görünse de uzun vadede İslam'ın yayılmasını sağlayan diplomatik bir deha örneğidir. Başlangıçta dezavantaj gibi görünen bir husus zamanın ilerlemesiyle birlikte avantaja dönüşmüştür. Hz. Peygamber bunu önceden görmüş, kriz anında gerektiğinde esnek davranmıştır. Daha sonra gerçekleşecek faydaları tespit etmiş ve öngörülü bir şekilde hareket ederek toplumu krizlerden korumuştur.

SONUÇ

Bu çalışmada, Kur'an-ı Kerim'de yer alan peygamber kıssaları modern siyaset bilimi, kamu yönetimi ve liderlik teorileri çerçevesinde ele alınmıştır. Kur'an'da ayetlerde ifade edilen siyasetle ilgili anlatılar yalnızca tarihsel veya bireysel ahlaki sunumlar değildir. Ortaya konan hususlar devlet yönetiminin temel unsurlarını ve kriz yönetimini temel argümanlarını ortaya koymaktadır. Kur'an ayetlerinde devlet yönetimi ile ilgili ifade edilen hususlar evrensel pradiğmalar içermekte ve her zaman ve zeminde genel geçer ilkeler olarak kabul edilmektedir. Kur'an'ın öngördüğü siyasi yapının merkezinde adalet, emanet, liyakat ve istişare (şura) ilkeleri yer almaktadır. Bunlar idari mekanizmanın temellerini oluşturmaktadır. Yönetim gücünün

(emanet) soy, asabiyet veya zenginliğe göre değil, işin ehline (liyakat) verilmesi devlet yönetiminin düzgün bir şekilde işlemlerini sağlayan yegâne unsurdur. Bu ilkeler sayesinde devlet devamiyetini sağlar, toplumsal çöküş gibi bir durumla karşı karşıya kalmamış olur. Şura prensibi ise katılımcı yönetimi ve ortak aklı temsil etmekte olup otokritik sapmaları engelleyen meşru bir yöntem olarak işlev görmektedir.

Hız. Yusuf'un Mısır'daki idari pratiği, modern kamu yönetiminde "stratejik planlama" ve "risk yönetimi" kavramlarının tarihsel kökenlerini oluşturur. O dönemde ortaya çıkan risk Hız. Yusuf'un yönetsel becerisi sayesinde kolay bir şekilde atlatılmıştır. Yaklaşan makroekonomik krizi rasyonel ve akılcı öngörüyle tespit eden Hız. Yusuf, yaklaşan krizi en güzel bir şekilde yönetmiş ve üretim-tasarruf dengesini (başakta saklama yöntemiyle) uzun vadeli lojistik bir plana oturtmuştur. Hız. Yusuf kriz anlarında liyakatlı bürokratik liderliğin önemini ortaya koymuş ve yaptıklarıyla bunu ispatlamıştır.

Hız. Musa'nın totaliter rejimlere karşı yürüttüğü özgürlük mücadelesi yine bizler için çok önemlidir. Firavun'un zulmünden kurtulduktan sonra yaptığı teşkilatlanma ve toplumun sosyolojisini okuyup ona göre davranmada bize önemli veriler sunmaktadır. Yıllarca esaretten dolayı psikolojisi bozulmuş bir halkı yeniden ayağa kaldırmak zikre değer bir husustur.

Hız. Davud ve Hız. Süleyman'ın mülk (devlet) tasavvurları "hukukun üstünlüğü" üzerine oturmuştur. Hız. Süleyman'ın bürokratik açıdan ortaya koyduğu kurumsallaşma ve etkin diplomasi neticesinde devlet işlerinde herhangi bir düzensizlik ve karışıklık meydana gelmemiştir.

Hız. Zülkarneyn'in askeri hamleleri ve olaylara zamanında ve yerinde müdahalesi ise modern anlamda küresel bir güvenlik ve sınır stratejisi açısından önemlidir. Onun yaptığı faaliyetler çağdaş uluslararası ilişkilere bir model sunmakta ve günümüzde dahi uygulanabilir hususları kapsamaktadır.

Sonuç olarak peygamberlerin siyasi ve idari liderlik pratikleri, gücü akılcı kullanan ve olayları rasyonalize eden bir mahiyettedir. Onların ortaya koyduğu bütün hususlar ahlaki-hukuki sınırlar içinde gerçekleşmiştir. Modern kamu yönetiminin karşı karşıya kaldığı yolsuzluk, kayırmacılık (nepotizm), işlerin kapalı bir şekilde yürütülmesi ve kriz yönetimi zafiyetleri gibi kronik problemlere karşı, Kur'an kıssalarının sunduğu idari ilkeler ve peygamberlerin ortaya koyduğu çözümler güncelliğini hala korumaktadır. Bu ilkeler zamanın geçmesiyle birlikte değişmemekte ve evrensel çözüm potansiyelini hala günümüzde de korumaktadır. Kur'an'ın kıssalar aracılığıyla ortaya koyduğu yönetsel bu ilkeler geçmiş kutsal metinlerin sunduğu ilkelerin

çözüm ve problem çözme odaklı olduklarını göstermektedir. Çünkü karşılaşılan krizlere ve yönetimsel aksaklıkları ahlaki ve pratik alternatifler sunulmaktadır.

KAYNAKÇA

- Bilmen, Ö. N. (1992). *Kur'an-ı Kerim'in Türkçe Meali Âlisi ve Tefsiri*. İstanbul: Bilmen Yayınevi.
- Esed, M. (1999). *Kur'an Mesajı*, İşaret Yayınları.
- Mâturîdî, E. M. (2005). *Te'vîlâtü'l-Kur'ân*, Mizan Yayınevi.
- Müslim, E. H. (1954), *Sahîhu Muslim, I-V*, Dâru İhyâi Kutubi'l-Arabiyye.
- Nesâî, E. A. (2000) *Sünenü'n-Neâi*, Cem'iyetü'l-Meknezi'l-İslâmî.
- Râzî, F. (1981). *Tefsirü'l-Fahri'r-Râzî*, Darul'l-Fikr.
- Taberî, E. C. (2001). *Tefsirü't-Taberî*, Dâru Hecr.
- Yazır, E. M. H. (1979). *Hak Dini Kur'an Dili*. İstanbul: Eser Neşriyat.

KEHF SÛRESİ VE ZAMAN

Prof. Dr. Abdurrahman ALTUNTAŞ

Gümüşhane University, Faculty of Divinity, Department of Tafsir, 29000 Merkez, Gümüşhane

ORCID ID: 0000-0002-8578-8436

ÖZET

Kehf Suresi'nde yer alan temel kıssalar Ashâb-ı Kehf, Hz. Musa-Hızır ve Zülkarneyn'dir. Bu kıssalar "zaman algısı" ve "zamanın göreceliği" unsurlarını barındırmaktadır. Kur'an-ı Kerim, insan zihninin doğrusal ve mutlak olarak algıladığı zaman kavramını, bu suredeki anlatılar üzerinden değerlendirerek Allah katındaki zamanın boyutsal farklılıklarına işaret etmektedir. Nitekim Ashâb-ı Kehf'in mağaradaki yüzyıllık uykusunun kendilerine "bir gün ya da günün bir parçası" gibi gelmesi psikolojik zaman algısını ortaya koymaktadır. Mağarada geçen 309 yıllık uyku onlar açısından sadece bir gün ya da bir günün parçası olarak algılanmıştır. Hz. Musa ve Hızır kıssası ise insani (doğrusal) zaman ile ilahi (bâtını/kaderi) zaman arasındaki çatışma ve uyumu anlamlandırmaktadır. Yaşanan bir takım olaylar zamanın ilahi boyutla insani boyut arasındaki farklılığını ortaya koyan niteliktedir. Son olarak, Zülkarneyn'in yeryüzündeki mekânsal yolculuklarının aslında zamansal evreleri ve tarihin döngüsellliğini sembolize etmektedir. Ayrıca tarihsel zaman, mekân yönetimi ve gelecek açısından zamanın sevk ve idare edilmesi önemli hususlardandır. Klasik tefsir literatüründeki "zaman" yorumları dikkate alınması gereken önemli argümanlardır.

Anahtar Kelimeler: Kur'an, Kehf Suresi, Tefsir, Zaman Algısı, Zamanın Göreceliği, Kıssa.

SURAH AL-KAHF AND TIME

ABSTRACT

The primary narratives featured in Surah Al-Kahf are the Companions of the Cave (Ashab al-Kahf), Moses and Khidr, and Dhul-Qarnayn. These narratives incorporate elements of the "perception of time" and the "relativity of time." Through the stories in this surah, the Holy Qur'an evaluates the concept of time—which the human mind perceives as linear and absolute—and points to the dimensional variations of time in the sight of Allah. Indeed, the centuries-long sleep of the Companions of the Cave in the cave feeling to them like "a day or part of a day" demonstrates the psychological perception of time. From their perspective, the 309-year sleep spent in the cave was perceived as merely a single day or a fraction thereof. The narrative of Moses and Khidr conceptualizes the conflict and harmony between human (linear) time and divine (esoteric/fatalistic) time. A series of experienced events highlights the distinction between the divine and human dimensions of time. Finally, Dhul-Qarnayn's spatial

journeys across the earth symbolize temporal phases and the cyclical nature of history. Additionally, historical time, spatial management, and the direction and administration of time regarding the future are among the critical matters. The interpretations of 'time' in classical exegesis (tafsir) literature are important arguments that must be taken into account.

Keywords: Qur'an, Surah Al-Kahf, Exegesis (Tafsir), Perception of Time, Relativity of Time, Narrative (Qissa).

GİRİŞ

Çalışmanın Önemi ve Amacı,

Zaman, insanlık tarihinin en köklü ve gizemli felsefi, fiziksel ve teolojik problemlerinden biridir. İnsanoğlu, yaratılışının ilk gününden beri varoluşunu anlamlandırmaya çalışmıştır. Kur'an-ı Kerim, zamanı sadece akan bir saniyeler bütünü olarak değil, ilahi muradın bir tasarrufu ve düzeni olarak sunar. İnsanlar nezdindeki zaman algısı, geçmiş, şimdi ve gelecek olarak konumlandırılmış doğrusal bir düzlemi ifade etmektedir. Ancak Kur'an'a göre ilahi boyutta zaman, insanın algı sınırlarını zorlayan bir mahiyet arz etmektedir. Kur'an, birçok ayette Allah katındaki bir günün, insanların saydığı bin yıla ya da elli bin yıla denk olduğunu belirterek (Hac 22/47; Meâric 70/4) zaman algısındaki farklılığa dikkat çekmektedir. Kehf Sûresi, bu eleştirinin kıssalar üzerinden somutlaştırıldığı bir sûredir. Bu sûrede geçen olaylara bakıldığında zamanın esneyebilir ve bükülebilir bir yapıya sahip olduğu görülür. İnsan, zamanı genellikle doğrusal ve mutlak bir çizgi olarak kabul etmiştir. Ancak Kur'an-ı Kerim, insan zihninin kabul ettiği bu sınırlı zaman algısını yıkmıştır. Zamanın gerçek mahiyetine ve hakikatine dair derin ipuçları vermiştir. Bu çalışmanın amacı, Kehf Sûresi'nde yer alan temel kıssalar (Ashâb-ı Kehf, Hz. Musa-Hızır ve Zülkarneyn) üzerinden "zaman algısı" ve "zamanın göreceliği" unsurlarını akademik bir perspektifle incelemektir.

Kapsamı ve Yöntemi

Çalışmanın kapsamı olarak, Kehf Sûresi ele alınıp incelenmiştir. Bu suredeki Ashab-ı Kehf, Hz. Musa-Hızır ve Zülkarneyn kıssaları zaman bağlamında değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yöntem olarak Kehf Sûresi'ndeki zamanla ilgili ayetler tespit edilip tefsirlerden de istifade edilerek konu anlaşılmaya çalışılmış, mukayeseli bir yöntem takip edilmiştir.

1. ASHÂB-I KEHF KISSASI: PSİKOLOJİK ZAMAN VE ZAMANIN GÖRECELİĞİ (RÖLATİVİTE)

1.1. Mağarada 309 Yıllık Uyku: İlahi Zaman ile Beşeri Zamanın Ayırışması

Kehf Sûresi, Ashab-ı Kehf kıssasının (Kehf 18/9-26) yanı sıra bünyesinde barındırdığı farklı olaylarla da dikkat çekmektedir. Ashâb-ı Kehf' inançlarını korumak adına sığındıkları mağarada 309 yıl geçirmişti. (Kehf 18/25) Dış dünyada bu kadar geçen yıllık süre, mağaranın içinde farklı bir süreçte ve algıda ilerlemiştir. Burada ilahi takdir devreye girmiş beşeri zaman algısı saf dışı bırakılmıştır. Zamanın geçmesiyle birlikte fiziksel ve biyolojik değişimler gerçekleşmemiş Ashab-ı Kehf uyandıklarında ve birbirlerine baktıklarında herhangi bir fiziksel değişimi fark etmemişlerdi. Onlar “bir gün ya da günün bir kısmı kadar kaldık” cümlesini uzun bir süre kaldıklarına ve zaman geçirdiklerine dair üzerlerinde bir alamet ve belirti görmeyince söylediler. (Mâturîdî, 2007: 9/31) Bu uzun uyku süresi boyunca gençlerin bedenlerinin yıpranmaması ve elbiselerinin eskimemesi ilahi iradenin takdiriyle açıklanabilecek bir durumdur. Bu ilahi müdahale neticesinde vücutlarında saç ve sakallarının uzaması, saçlarının ağarması vb. yaşlılıkla ilgili herhangi bir biyolojik bir değişikliğe maruz kalmamışlardır. O kadar zaman geçmesine rağmen biyolojik olarak hücreler üzerinde bir değişiklik söz konusu olmamıştır. Bu durum, nesnel olarak sabit kabul edilen zamanın, ilahi iradenin müdahalesiyle nasıl farklılaşabileceğini ve esnetilebileceğini açık bir şekilde göstermektedir.

1.2. "Bir Gün ya da Günün Bir Parçası": Zaman Algısının Psikolojik Boyutu

Gençler uykudan uyandırıldıklarında aralarında geçen diyalog oldukça dikkat çekicidir: "*Ne kadar kaldınız? dediler. Bir gün ya da günün bir parçası kadar kaldık dediler*" (Kehf 18/19). Nitekim kıyamet günü diriltilenlere dünya hayatındaki alışlarını hep bu şekilde sanacaklardır. (Yazır, 2022: 4/27) Ayrıca bu âyet bütünüyle algılara bağlı olarak ortaya çıkan beşeri “zaman” kavramının yanıltıcı, aldatıcı olduğunu ima etmektedir. (Esed, 1999: 2/589) Yani dünyevi algılara göre değerlendirildiğinde zaman görecelidir. Dış dünyada 309 yıl geçmiş olmasına rağmen, gençlerin zihnindeki "psikolojik zaman" sadece birkaç saatlik bir dilimden ibaretti. Modern psikolojide zaman algısı, kişinin dikkatine, duygular ve ruh haline, yaş faktörüne, kimyasal, nörolojik ve çevresel etkenlere bağlı olarak farklılık arz etmektedir. Kehf Sûresi'nde ifade edilen Ashab-ı Kehf'in, mağaradayken bilinçlerinin kapalı olduğunu ve farklı bir boyutta bulunduklarını söyleyebiliriz. Onlar bu durumdayken zamanın öznel (subjektif) olarak daraldığını ve mefhum olarak anlamını nasıl yitirdiğini ifade edebiliriz.

2. HZ. MUSA VE HIZIR KISSASI: DOĞRUSAL ZAMAN VE İLAHİ (BÂTİNÎ/KADERÎ) ZAMAN ÇATIŞMASI

2.1. İnsani (Zahiri) Zaman ile İlahi (Kaderi) Zaman Arasındaki Farklar

Hızır ile Musa arasında geçen yolculuk, iki farklı zaman ve bilgi boyutuyla karşımıza çıkmaktadır. (Kehf 18/60-82) Hz. Musa, "zahiri ve doğrusal zaman" boyutunda yaşamaktadır. Olayları da zahirlerine dikkate alarak açıklamaya çalışmaktadır. Bu boyutta kararlar, olayların gerçekleştiği an (şimdi) ve geçmişteki neden-sonuç ilişkilerine göre verilir. Çünkü gelecek zamanla ilgili elinde somut bir veri bulunmamaktadır. Hızır ise Allah tarafından kendisine bahşedilen "ilahi ve kaderi zaman" (bâtını zaman) perspektifine sahiptir. Onun ilmi; gemi, çocuk ve duvar kıssalarında olduğu gibi geleceği kapsamaktadır. Bu ilim, eşyanın görünen yüzünün ötesini, gelecekte takdir edilenleri ve geçmişin gizemlerini de şu anı görüyormuş gibi bilmeyi kapsıyordu. (Yazır, 2022: 4/57) Yani Musa (a.s.) için henüz yaşanmamış "gelecek" olan bir durum Hızır için şimdiki anı ifade etmektedir. Hz. Musa için kapalı olan bir durum Hızır için gayet net ve açık bir realitedir. Bu iki boyutun karşılaşması, dolayısıyla insan aklının doğrusal zamanı algılama biçimiyle ilahi kaderin ortaya koyduğu perspektif birbirinden farklılaşmaktadır. Bu da şimdiki zamanı ifade eden "an" bilginin bazı ilahi hikmetleri anlamakta zorlanabileceğini ortaya koymaktadır.

2.2. Olayların Arka Planı: Zaman Boyutunun Bilgi ve Hikmetle İlişkisi

Kıssada Hızır'ın gerçekleştirdiği üç eylem (geminin delinmesi, çocuğun öldürülmesi ve duvarın düzeltilmesi), Hz. Musa tarafından yaşandığı "an" itibarıyla adaletsiz ve mantıksız bulunur. Çünkü Hz. Musa, zamanın sadece şimdiki kesitine hapsolmüştür. Geleceğe ait bir öngörüsü, olayların gelecekteki sonuçlarını tahmin eden bir yetisi yoktur. O "an"ı yaşamaktadır ve olayları da yaşadığı an üzerinden değerlendirmektedir. Ancak Hızır, ilahi bilgiye dayanarak zamanın ileriki safhalarında yani gelecekte olacak durumları ilahi bilgiye dayalı olarak bilmektedir. O bulunduğu konum gereği gelecekte gemiye el koyacak olan zalim kralı, çocuğun büyüyünce anne-babasına yapacağı eziyeti ve duvarın altında yetimlerin gelecekte alacağı defneyi bilmekte ve bunları Hz. Musa'ya haber vermektedir. (Kehf 18/71-82). Aslında bazı olaylarda Allah'ın hikmetleri mevcuttur. İnsanın kötü olarak gördüğü birçok şey kendisi hakkında hayırlı olabilir. İnsan olayın içyüzünü bilmediğinde kendisi için onu şer sanır. Bu örnekte olduğu gibi kişi başına geçen olaylara Allah'ın hikmetine havale edip sabretmeli ve sonunda onun hayırlı olabileceğini düşünmelidir. (Ateş, 1988: 5/316) Zaman boyutu yeni gelecekte olacak olayların daha önceden tespit edilmesi bilgi ve hikmet ile alakalı bir durumdur. Bu da ilahi verginin önemli ve kıymetli olduğunu, bizim şimdiki zamanı ele almamızla kendisine ilim ve hikmet

verilen bir kimsenin değerlendirmelerinin farklı olabileceğini akıldan çıkarmamız gerektiğini bizlere hatırlatmaktadır.

2.3. Doğrusal Zaman Algısının Kırılması ve Sabır Süreci

Hızır'ın Hz. Musa'ya yolculuğun başında söylediği *"Doğrusu sen benimle beraberliğe asla sabredemezsin"* (Kehf 18/67) uyarısı, olayları görünen yüzüyle ve zamansal olarak (şimdiki) zaman bağlamında değerlendirmenin yanlış olacağını bizlere haber vermektedir. Bu âyet Hz. Musa'nın eşyanın hakikatini olduğu gibi bilmediğine işaret etmektedir. (Râzî, 1981: 21/153) Zira Hızır aleyhisselam, Allah'ın kendisine öğrettiği özel ilimlere göre hareket ediyordu. Hadiselerin sadece dış görünüşüne bakmıyor, onların hikmetlerini dikkate alıyordu. Hz. Musa ise, Allah'ın kendisine öğrettiği hükümler çerçevesinde hareket ediyor ve hadiselerin zahirine göre hareket ediyordu. (Taberî, 2001: 15/333-334) Birlikte yapılan yolculuk ve bu yolculukta yaşanan diyalogun değerlendirilmesi aslında doğrusal zaman algısının kırılacağına işaret etmekteydi. İnsanoğlu için "sabır", zamanın akışına karşı gösterilen psikolojik bir dirençtir. Olayların sonucunu (geleceği) göremeyen insan sabırsızlanır. Sabır bir bakıma olayların hikmetini açığa çıkarmaya yarayan en önemli mekanizmalardan birisidir. Kıssa, doğrusal zaman algısının ötesinde bir kader programının işlediğini, ilahi iradenin insanın tasavvurlarının ötesinde bir yetkinliğe sahip olduğunu bizlere öğretmektedir. Ayrıca kıssa insana zaman karşısında teslimiyet göstermesini telkin etmektedir. Olaylar karşısında sabırlı davranmayı ve bunu bir kabullenme olarak benimsetmeyi hedeflemektedir.

3. ZÜLKARNEYN KISSASI: MEKÂNSAL YOLCULUKLAR, TARİHSEL ZAMAN VE ZAMAN YÖNETİMİ

3.1. Mekânsal Evrelerden Zamansal Evrelere: Tarihin Döngüsellik Sembolizmi

Kehf Sûresi'nde anlatılan bir diğer önemli anlatı da Zülkarneyn kıssasıdır. (Kehf 18/83-98) Zülkarneyn'in "güneşin battığı yere" (garb) ve "güneşin doğduğu yere" (şark) yaptığı yolculuklar (Kehf 18/86, 90), ilk bakışta coğrafi ve mekânsal seyahatler olarak görünmektedir. Aslında güneşin battığı ve doğduğu yere yolculuk derin planda tarihin zamansal evrelere sahip olduğunu gösterir. Güneşin doğuşu ve batışı, vakte işaret eden zamanın en temel evrensel göstergelerindendir. Bu yönüyle kıssa, medeniyetlerin doğuşunu, yükselişini ve çöküşünü ifade eden döngüsel devlet ve medeniyet tarih teorileriyle (İbn Haldun'un asabiyet ve medeniyet döngüsü gibi) paralellik arz eder. Zülkarneyn, yaptığı zamansal yolculuklarla bu döngülerin tamamına hükmeden tarihsel bir aktör konumundadır.

3.2. Tarihsel Zaman ve Mekân Yönetiminin Stratejik Boyutu

Zülkarneyn kıssası, zaman ile mekân arasındaki bağı ortaya koymaktadır. Zaman ve mekân birlikte ele alınması ve yönetilmesi gereken iki unsurdur. Zülkarneyn, kendisine verilen imkânları kullanarak ve belli bir zamanda mekânlar arası hızlı geçişler yapmıştır. O yaptığı önemli işlerle tarihsel zamanı kendi döneminin ötesine taşımış ve bu konuda stratejik adımlar atmıştır. Ye'cüc ve Me'cüc'e karşı demir kütleleri ve eritilmiş bakırla bir set inşa etmişti. (Kehf 18/96) Bu inşa ettiği set sadece mekânsal bir bariyer değil, aynı zamanda gelecek nesilleri koruma altına alan "zamansal bir koruma kalkanı" ve mühendislik harikası bir zaman yönetimidir. Aynı zamanda bu set gelecek nesillere örnek olarak gösterilebilecek bir işin mekânsal boyutunu gözler önüne sermekteydi. Bunun yanında setin zamana karşı olan dayanıklılığı gelecek nesillere ilham verici bir nitelikte idi.

3.3. Geleceğin İnşası ve Zaman Yönetimi İlkesi

Zülkarneyn, kavmin yapmasını istediği seddi tamamladıktan sonra *"Bu Rabbimden bir rahmettir. Rabbimin vaadi geldiği vakit onu yerle bir eder"* (Kehf 18/98) diyerek, yaptığı kalıcı eserin bile zamanın aşındırıcı gücüne boyun eğeceğini itiraf eder. Allah'ın takdir ettiği kıyamet vakti geldiğinde o set yerle bir olacaktır. (Yazır, 2022: 4/73; Zemahşerî, 2018: 4/129) Bu da her şeyin bir sonunun olduğunu, insanın bakış açısını buna göre düzenlemesi gerektiğine işaret eder. Aynı zamanda bu âyet, set örneğinde olduğu gibi liderlerin ve toplumların sadece "bugünü" değil, "geleceği" de inşa etmekle mükellef olduklarını ona göre bir öngörü ve basiret sahibi olmaları gerektiğini gösterir. Doğru bir zaman yönetimi, kalıcı olana yönelik olmalı ve geçici olan dünyevi hevesleri bırakıp, geleceği ve ahireti kazanmaya yönelik salih amelleri bünyesinde barındırmalıdır.

SONUÇ

Kehf Sûresi, baştan sona insan zihninin "mutlak ve değişmez" olarak kodladığı zaman algısını sarsan, esneten ve yeniden inşa eden mucizevi bir sûredir. Ashâb-ı Kehf kıssası ile zamanın psikolojik ve fiziksel göreliliği ortaya konulmuştur. Kıssada ilahi zaman algısı ile şimdiki zaman algısı farklılaşmaktadır. Uzun yıllar uyuyarak kalınan mağarada geçirilen zaman algılarına göre değişiklik göstermektedir. Hz. Musa ve Hızır kıssası insani zamanın kısıtlılığına karşın ilahi zamanın kaderi ve hikmetli bütünlüğünü ortaya koymaktadır. Hz. Musa bir bakıma "an"ı yaşamaktadır ve olayları bunun üzerinden değerlendirmektedir. Kendisine ilim verilen salih kul Hızır ise ilahi bilgiye dayanarak tavır almakta ve eyleme geçmektedir. Başta zahir olarak mantıksız ve kötü gibi görünen olayların sebebi Hz. Musa'ya açıklandığında bunları kabul etmektedir. Hızır yaptığı eylemlerin sebeplerini açıklarken mantıklı izahlar yapmakta ve

muhatapını da ikna etmektedir. Zülkarneyn kıssası ile de tarihsel zamanın yönetimi ve geleceğin inşası gözler önüne serilmiştir. Doğuya ve batıya yapılan yolculuklar bir plan çerçevesinde yapılmakta zaman ev verimli şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca zamanın her şeyin sonunu getireceğine de set örneğinde olduğu gibi vurgu yapılmaktadır. Sonuç olarak Kehf Sûresi, insanı zamanın kölesi olmaktan çıkarıp, zamanın ötesindeki Yaraticının iradesini kavramaya davet eden eşsiz bir rehberdir. Buna göre insan zamanın sadece bir anına hükmedebilir. O zamanın ancak bir kesitinde aktördür. Zamanın insanı faniliğe götürmesi karşısında onun bir hükmü yoktur.

KAYNAKÇA

- Ateş, S. (1988). *Yüce Kur'an'ın Çağdaş Tefsiri*, Yeni Ufuklar Neşriyat.
- Esed, M. (1999). *Kur'an Mesajı*, İşaret Yayınları.
- Mâturîdî, E. M. (2007). *Te'vîlâtü'l-Kur'ân*, Mizan Yayınevi.
- Râzî, F. (1981). *Tefsirü'l-Fahri'r-Râzî*, Darul'l-Fikr.
- Taberî, E. C. (2001). *Tefsirü't-Taberî*, Dâru Hecr.
- Yazır, E. M. H. (2022). *Hak dini Kur'an dili*. Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı.
- Zemahşerî, (2018). *Keşşâf Tefsiri*, Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı.

TEK PARTİ DÖNEMİNİN SON YILLARINDA SİYASAL VE İDEOLOJİK TEHDİT ALGISI: REJİM KARŞITI FAALİYETLER (1942-1949)

Doç. Dr. Ferit YÜCEBAŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü, ferityucebas@yyu.edu.tr

ORCID ID: 000-0002-4645-1734

ÖZET

Cumhuriyet'in ilanından sonra yeni siyasal düzenin yerleşmesi ve gerçekleştirilen inkılapların korunması, Cumhuriyet Halk Partisinin temel öncelikleri arasında yer almıştır. II. Dünya Savaşı'nın yol açtığı belirsizlik ve güvenlik kaygıları, rejime aykırı olduğu düşünülen siyasal ve ideolojik faaliyetlerin daha yakından izlenmesine neden olmuştur. Savaşın ardından çok partili siyasal hayata geçilmesiyle birlikte din, laiklik ve Cumhuriyet inkılapları etrafındaki tartışmalar da farklı bir boyut kazanmıştır. Bu çalışmada, 1942-1949 yılları arasında CHP Genel Sekreterliğine ulaşan yazışmalar esas alınarak tek parti döneminin son yıllarında siyasal ve ideolojik tehdit algısının hangi gelişmeler etrafında şekillendiği incelenmiştir. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Cumhuriyet Arşivinde bulunan belgeler doğrultusunda dinî ve irticai faaliyetler, Kürtçülük ve ayrılıkçı propaganda iddiaları, Turancılık, dış kaynaklı propaganda girişimleri ile rejim karşıtı olarak değerlendirilen diğer faaliyetler üzerinde durulmuştur. Belgeler incelendiğinde, rejime yönelik tehdit algısının tek bir siyasal veya ideolojik eğilimle sınırlı kalmadığı anlaşılmaktadır. Hilafet ve tarikat eksenli söylemler ile Cumhuriyet inkılaplarına yönelik eleştirilerin yanında Kürtçülük, Turancılık ve dış kaynaklı propaganda faaliyetleri de yakından izlenmiştir. Bu süreçte CHP'nin taşra teşkilatları ve bölge müfettişleri, yerelde meydana gelen gelişmelerin merkeze ulaştırılmasında önemli bir görev üstlenmiştir. Vatandaşların doğrudan CHP Genel Sekreterliğine gönderdikleri ihbar ve şikâyetler de bu bilgi akışının bir parçasını oluşturmuştur. Merkeze ulaşan iddialar gerekli görüldüğünde mülki, adli ve askerî makamlara iletilerek incelemeye alınmıştır. Bununla birlikte her ihbar rejim karşıtı bir faaliyetin kesin kanıtı olarak değerlendirilmemiştir. Bazı olayların kişisel anlaşmazlıklardan kaynaklanabileceği üzerinde durulmuş, bazı münferit gelişmelerin ise bütün bir bölgeye veya toplumsal kesime mal edilmesinden kaçınılmıştır. Sonuç olarak çalışma, tek parti döneminin son yıllarında hangi faaliyetlerin rejim açısından sakıncalı görüldüğünü ve CHP'nin bu faaliyetleri taşra teşkilatından merkeze uzanan bir bilgi ve denetim ağı içerisinde nasıl takip ettiğini açıklamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Cumhuriyet Halk Partisi, tek parti dönemi, rejim karşıtı faaliyetler, propaganda, tehdit algısı.

**POLITICAL AND IDEOLOGICAL THREAT PERCEPTIONS IN THE FINAL
YEARS OF THE SINGLE-PARTY PERIOD: ANTI-REGIME ACTIVITIES (1942-
1949)**

ABSTRACT

Following the proclamation of the Republic, the consolidation of the new political order and the protection of the reforms became major priorities of the Republican People's Party (CHP). The uncertainty and security concerns caused by the Second World War led to closer scrutiny of political and ideological activities regarded as incompatible with the regime. After the war, the transition to multi-party politics also brought a new dimension to debates surrounding religion, secularism, and the Republican reforms. Based on correspondence submitted to the CHP General Secretariat between 1942 and 1949, this study examines the developments that shaped perceptions of political and ideological threats during the final years of the single-party period. Drawing primarily on documents held in the Republican Archives of the Directorate of State Archives, the study focuses on religious and reactionary activities, allegations of Kurdish separatist propaganda, Turanism, foreign-sponsored propaganda, and other activities regarded as hostile to the regime. The archival records indicate that perceptions of threats to the regime were not confined to a single political or ideological tendency. Alongside pro-Caliphate and religious-order discourse and criticism of the Republican reforms, Kurdish separatism, Turanism, and foreign-sponsored propaganda were also closely monitored. During this period, the CHP's provincial organizations and regional inspectors played an important role in conveying local developments to the party leadership. Reports and complaints submitted directly by citizens to the CHP General Secretariat also formed part of this flow of information. When deemed necessary, allegations received by the central administration were referred to civil, judicial, and military authorities for further investigation. Nevertheless, not every report was treated as conclusive evidence of anti-regime activity. In some cases, personal disputes were considered a possible source of the allegations, while isolated incidents were not necessarily attributed to an entire region or social group. Overall, the study seeks to explain which activities were regarded as politically objectionable during the final years of the single-party period and how the CHP monitored them through a network of information and supervision extending from its provincial organizations to the central administration.

Keywords: Republican People's Party, single-party period, anti-regime activities, propaganda, threat perception.

GİRİŞ

Cumhuriyet'in ilanıyla birlikte yeni siyasal düzenin kurumsallaştırılması ve gerçekleştirilen inkılapların toplum tarafından benimsenmesi, Cumhuriyet Halk Partisinin temel öncelikleri arasında yer almıştır. Tek parti yönetimi, bu süreçte yalnızca yeni kurumların oluşturulmasına yönelmemiş, Cumhuriyet'in temel niteliklerine ve inkılaplara aykırı olduğu düşünülen siyasal, toplumsal ve ideolojik faaliyetleri de yakından izlemiştir. Rejimin temel ilkelerine yönelik eleştiriler, hilafet ve tarikat eksenli söylemler ile mevcut siyasal düzen açısından sakıncalı görülen farklı düşünce ve faaliyetler bu takibin başlıca konuları arasında yer almıştır. Böylece rejimin korunması, yalnızca Cumhuriyet kurumlarının devamlılığını sağlamaya yönelik idarî bir mesele olarak kalmamış, siyasal ve toplumsal alandaki gelişmelerin izlenmesini de içeren daha geniş bir nitelik kazanmıştır.

Bu politika, özellikle ülkenin birlik ve bütünlüğünü bozabileceği düşünülen propaganda faaliyetlerine karşı alınan tedbirlerde belirginleşmiştir. Latince *propagare* fiilinden türeyen propaganda, belirli düşünce ve politikaların benimsetilmesine yönelik faaliyetleri ifade eder. Tek parti döneminde ise propaganda, kamuoyunu etkilemenin yanı sıra rejim açısından sakıncalı görülen siyasal ve ideolojik faaliyetlerle de ilişkilendirilmiştir. Nitekim 1942-1949 yıllarında CHP'ye ulaşan ihbar ve yazışmalarda farklı nitelikteki propaganda iddiaları incelemeye alınmış, gerekli görülen durumlarda ilgili makamlar sürece dâhil olmuştur. Dönemin resmî yazışmalarında millî birlik ve düzeni bozabileceği düşünülen sözlü ve yazılı faaliyetlerin tespit edilmesi, kaynağının araştırılması ve sorumluları hakkında gerekli işlemlerin yapılması istenmiştir (BCA, 30.10.0.0/85.559.5, s. 1-2; Geçikli, 2012, s. 266). Böylece rejimin korunması amacıyla yalnızca gerçekleşen olaylar değil, muhtemel tehditler de yakından takip edilmiştir.

II. Dünya Savaşı yılları, Türkiye'nin savaşa doğrudan katılmamasına rağmen iç ve dış gelişmelerin yakından izlendiği hassas bir dönem olmuştur. Savaşın beraberinde getirdiği belirsizlik ve güvenlik kaygıları, rejim açısından tehdit oluşturabileceği düşünülen siyasal ve ideolojik faaliyetlere yönelik denetimi artırmıştır. Bu kapsamda basın ve yayın faaliyetleri de kontrol altında tutulmuş, özellikle dış politika ve propaganda içerikli yayınlar üzerinde durulmuştur. Sakıncalı görülen yayınlar hakkında mevcut mevzuat çerçevesinde işlem yapılırken ülke dışından kaynaklandığı düşünülen propaganda girişimleri de ilgili kurumlar tarafından takip edilmiştir (Çelik, 2018, s. 318). Savaşın sona ermesinden sonra çok partili siyasal hayata geçiş ise mevcut tartışmaların niteliğini değiştirmiştir. Özellikle 1945 sonrasında siyasal alanın genişlemesiyle birlikte farklı toplumsal ve siyasal talepler daha görünür hâle

gelmiş, din, laiklik ve Cumhuriyet inkılapları etrafındaki tartışmalar da siyasal rekabetin bir parçası olmaya başlamıştır. Bu değişim, CHP teşkilatlarının rejimin ve inkılapların korunmasına ilişkin yaklaşımını da etkilemiştir.

Tek parti döneminin son yıllarında rejime yönelik tehdit algısı belirli bir düşünce veya hareketle sınırlı kalmamıştır. Hilafetin yeniden tesis edilmesini savunan söylemler, tarikat faaliyetleri, Cumhuriyet inkılaplarına yönelik eleştiriler ve dinin siyasal amaçlarla kullanıldığı yönündeki iddialar irticai faaliyetler kapsamında ele alınmıştır. Bunların yanı sıra Kürtçülük ve Turancılık ile ilişkilendirilen girişimler ile yurt dışından yönlendirildiği düşünülen propaganda faaliyetleri de yakından izlenmiştir. Dolayısıyla dönemin resmî yazışmalarında rejimin korunması, farklı siyasal ve ideolojik unsurların birlikte değerlendirildiği geniş bir takip ve denetim alanı içinde ele alınmıştır.

Bu sürecin işleyişinde CHP'nin taşra teşkilatları ve bölge müfettişleri önemli bir konuma sahipti. Yerelde meydana gelen veya meydana geldiği ileri sürülen gelişmeler, il ve ilçe teşkilatları ile bölge müfettişleri aracılığıyla CHP Genel Sekreterliğine aktarılmıştır. Vatandaşların doğrudan parti merkezine gönderdikleri ihbar ve şikâyetler de merkezin taşradaki gelişmelerden haberdar olduğu kanallardan birini oluşturmuştur. Genel Sekreterliğe ulaşan bilgiler, konunun niteliğine göre mülki, adli veya askerî makamlarla paylaşılmış ve gerekli görülen durumlarda inceleme yoluna gidilmiştir. Ancak merkeze ulaşan her ihbarın doğrudan rejim karşıtı bir faaliyetin kanıtı olarak kabul edildiğini söylemek mümkün değildir. Bazı iddialar hakkında araştırma yapılmış, olayların kişisel anlaşmazlıklardan kaynaklanıp kaynaklanmadığı da dikkate alınmıştır. Bu nedenle söz konusu yazışmalar, rejim karşıtı olduğu ileri sürülen faaliyetler hakkında bilgi vermenin yanında, CHP'nin taşradan gelen bilgileri hangi yollarla topladığı ve değerlendirdiği konusunda da önemli veriler sunmaktadır.

Bu çalışmada, 1942-1949 yılları arasında CHP Genel Sekreterliğine ulaşan yazışmalardan hareketle tek parti döneminin son yıllarında siyasal ve ideolojik tehdit algısının hangi gelişmeler etrafında şekillendiği incelenmektedir. Çalışmanın temel kaynaklarını Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Cumhuriyet Arşivinde bulunan belgeler oluşturmaktadır. Bu çalışmada dönemin siyasal ve ideolojik tehdit algısı, yalnızca gerçekleştiği ileri sürülen olaylar üzerinden değil, CHP'nin bu olayları tanımlama, değerlendirme ve takip etme biçimi üzerinden incelenmiştir.

DİNÎ VE İRTİCAİ FAALİYETLERE YÖNELİK TEHDİT ALGISI

Tek parti döneminde dinî faaliyetlerin takip edilmesi, çalışmanın ele aldığı 1942-1949 yıllarıyla başlayan bir uygulama değildi. Cumhuriyet'in ilk yıllarından itibaren özellikle dinî propaganda

olarak değerlendirilen faaliyetler, laiklik ilkesi ve yeni siyasal düzenin korunması çerçevesinde yakından izlenmiştir. 1929 yılında basına yansıyan haberlerde, Türkiye’de dinî propaganda amacı taşıdığı düşünülen faaliyetlere izin verilmeyeceği ve bu yönde faaliyette bulunduğu ileri sürülen bazı yabancı ve azınlık okullarının denetlendiği belirtilmiştir (Son Saat, 16 Mayıs 1929, s. 1). Okullardaki dinî uygulamaların sınırlandırılmasına yönelik düzenlemeler de bu yaklaşımın bir parçası olarak görülmüştür (Bayur, 1934, s. 146). Öte yandan özel okullarda dinî propaganda yapılmasının yasaklanması (Son Posta, 30 Temmuz 1933, s. 1) ve Tarsus’taki Sen Pol Amerikan Kolejinde dinî propaganda yapıldığı yönündeki bir ihbar üzerine inceleme başlatılması, konunun sonraki yıllarda da gündemde kaldığını göstermektedir. Söz konusu ihbarın kolej müdürü tarafından reddedilmiş olması ise dinî propaganda iddialarının her zaman doğrulanmış vakalara dayanmadığını düşündürmektedir (Son Posta, 26 Ekim 1934, s. 3; Cumhuriyet, 7 Kasım 1934, s. 10). Benzer ihbarların merkeze ulaştırıldığına ilişkin haberler dönemin basınında zaman zaman yer aldığı görülmüştür (Vakit, 27 Haziran 1933, s. 4). Nitekim 1936 yılında Kayseri Talas Amerikan Mektebinde öğrencilerin dinî ayinlere katıldığı yönündeki bir vatandaşın şikâyeti de kamuoyuna yansımıştır (Cumhuriyet, 16 Ekim 1936, s. 9). Bu yıllarda yabancı kurumların dinî propaganda faaliyetleri yürüttüklerine ilişkin değerlendirmelere dönemin yayınlarında da rastlanmıştır (Ergin, 1932, s. 185). Dolayısıyla 1942-1949 yıllarında karşılaşılan uygulamalar, Cumhuriyet’in ilk yıllarından itibaren devam eden takip ve denetim anlayışının savaş ve savaş sonrası koşullarındaki görünümü olarak değerlendirilebilir.

Çalışmanın başlangıç yılı olan 1942’de bu hassasiyetin yalnızca kurumsal denetimle sınırlı kalmadığı, vatandaşlardan gelen ihbarların da CHP Genel Sekreterliğine ulaştığı anlaşılmaktadır. Kastamonu Akteke Mahallesi’nde yaşayan Rıza Boşturmaz, 30 Aralık 1942 tarihinde “Mukaddes İnkılâbımıza ve Gençliğimize Hakaret Edildi” başlığıyla CHP Genel Sekreterliğine gönderdiği yazıda şehirde irticai faaliyetlerin arttığını ileri sürmüştür. Boşturmaz, yaklaşık dört yıldır bazı resmî işlerin yaptırılması için Şeyh Şaban-ı Veli Dergâhı çevresindeki kişilere başvurulduğunu ve tekkeye kurban götürme gibi uygulamaların arttığını belirtmiştir. Özellikle 25 Aralık 1942 tarihinde vefat eden Şeyh Ata’nın tabutunun üzerine sarık ve fes konularak cenazenin bu şekilde taşınması eleştirilmiştir. Cenazeye vali, parti yöneticileri, memurlar ve kalabalık bir halk topluluğunun katılması da şikâyetinde üzerinde durulan hususlar arasındaydı. Boşturmaz, şeyhin öldüğü gün çeşitli dinî uygulamaların yapıldığını ileri sürmüş ve yaşananları Cumhuriyet inkılapları açısından sakıncalı bularak gerekli tedbirlerin alınmasını istemiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 48). Böylece 1942 yılında yerel dinî uygulamalar

üzerinden gündeme gelen rejim ve inkılaplara ilişkin kaygılar, sonraki yıllarda dinî içerikli yayınlar üzerinden de devam etmiştir.

Nitekim 1943 ve 1944 yıllarında bazı dinî yayınlar içerikleri nedeniyle takip edilmiştir. Bunlardan biri, İstanbul'da Bozkurt Kitabevi tarafından Yenısabah Matbaasında bastırılan *Elmiftahülmûin Litilâvetülkur'anülkerim* adlı eserdir. Basın ve Yayın Umum Müdürü Selim Sarper'in 22 Kasım 1943 tarihinde Başvekâlete gönderdiği yazıda eser hakkında yapılan incelemeye yer verilmiştir. Kur'an okumayı öğretmek amacıyla hazırlandığı anlaşılan kitabın 28-31. sayfalarında yer alan Arapça duaların Kur'an'dan parçalar olmaması nedeniyle esere dinî propaganda niteliği kazandırabileceği değerlendirilmiştir (BCA, 30.10.0.0/86.569.3, s. 1). Burada dikkat çeken husus, bir yayının yalnızca içeriğinin değil, dinî bilginin hangi biçimde sunulduğunun da denetimin konusu hâline gelmesidir.

Bu takip biçimi 1944 yılında farklı yayınlar üzerinden devam etmiştir. Selim Sarper'in 28 Mart 1944 tarihinde Başvekâlete gönderdiği yazıda, Ömer Fevzi Mardin tarafından kaleme alınan *İslâm Muhtırası* adlı eser üzerinde durulmuştur. Diyanet İşleri Başkanlığının incelemesinde eserde İslâm'ın iman ve amel esaslarına ilişkin bazı yorumların dinî bakımdan uygun bulunmadığı belirtilmiş, yazarın "dinler arası" adı altında kendine özgü bir anlayış geliştirdiği ileri sürülmüştür. Bunun üzerine eserin toplatılması ve satışının yasaklanması gündeme gelmiştir (BCA, 30.10.0.0/86.570.7, s. 1-2). Bununla birlikte belgedeki örnek sayfalarda propaganda olarak nitelendirilebilecek açık bir ifadeye rastlanmamıştır. Bu nedenle dönemin dinî yayınlara yönelik değerlendirmelerini ihtiyatla ele almak gerekir.

Aynı yıl Hafız Naci Gürses'in kaleme aldığı *Nurlu Yol (Türk Çocuklarına Öğüt)* adlı eser de benzer kaygılarla incelenmiştir. İç Yayın Dairesi tarafından 5 Eylül 1944 tarihinde hazırlanan raporda, eserde çocuklara dinî telkinlerde bulunulduğu ve bazı ifadelerin laiklikle bağdaşmadığı ileri sürülmüştür. Özellikle "Her Türk İslâmım demeli" ifadesinin laiklik açısından sakıncalı olduğu değerlendirilmiş, kitabın Ramazan ayında yayımlanması da ayrıca dikkate alınmıştır (BCA, 30.10.0.0/86.571.8, s. 1). Buna karşılık eserin önsözünde yazar, amacını okuduklarından öğrendiklerini gençlere aktarmak şeklinde açıklamış, dörtlüklerinde vatan ve vatandaşlık kavramlarına da yer vermiştir (BCA, 30.10.0.0/86.571.8, s. 5, 8). Eserin bütünü dikkate alındığında, raporda dile getirilen laikliğe aykırılık değerlendirmesinin dönemin rejimi koruma hassasiyeti içerisinde şekillendiği söylenebilir. Bu nedenle söz konusu belgeler, yalnızca dinî yayınların içeriğini değil, resmî makamların hangi ifadeleri rejim açısından sakıncalı bulabildiğini anlamak bakımından da önem taşımaktadır.

Dinî yayınlara ilişkin benzer bir değerlendirme, Selim Sarper'in 12 Eylül 1944 tarihinde Başvekâlete gönderdiği yazıda *Kutlu Bilgi* mecmuası üzerinden yapılmıştır. Diyanet İşleri Müşavere Heyeti üyelerinden Yusuf Ziya Yörükan tarafından yayımlanan derginin ikinci sayısında anne ve babalara çocuklarına İslâmî terbiye vermelerinin tavsiye edilmesi, Ramazan, kandil ve bayram gibi dinî pratiklerin aile hayatındaki yerine değinilmesi “koyu İslâmcılık” olarak yorumlanmıştır. Dergide Alparslan'ın Ani'yi fethinin ilahî yardımıyla ilişkilendirilmesi ve Sedat Rıza Aran'ın “Din ve Kültür” başlıklı yazısında dinin insanın manevi ve ahlaki gelişimindeki yerine vurgu yapması da eleştiri konusu olmuştur (BCA, 30.10.0.0/86.571.10, s. 1-2). Bu bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, 1943-1944 yıllarında dinî içerikli yayınların denetiminde yalnızca açık rejim karşıtı ifadelerin değil, laiklik anlayışıyla bağdaşmadığı düşünülen dinî vurguların da dikkate alındığı anlaşılmaktadır.

Savaşın son yılı olan 1945'te takip alanının dinî yayınlardan halk arasındaki dinî faaliyetlere doğru genişlediği görülmektedir. Diyanet İşleri Başkanvekili Ahmet Hamdi Akseki'nin 15 Nisan 1945 tarihinde Anamur Müftülüğüne gönderdiği yazıda, bazı kişilerin halk arasında Hanefi mezhebi ile Hz. Muhammed'in hadis ve sünnetine aykırı düşünceler yaydığı ve yeni bir mezhep oluşturmaya çalıştığı yönündeki bilgiler üzerinde durulmuştur. Ankara'daki cami ve kahvehanelerde çıplak ayak üzerine mesh edilmesi gerektiği yönünde propaganda yaptığı belirtilen yabancı uyruklu bir kişinin yakalanması da bu çerçevede değerlendirilmiştir. Akseki, bu tür faaliyetlerin halk arasında ayrılık meydana getirerek millî birliği zedeleyebileceği endişesiyle müftülüklerin dikkatli davranmasını ve benzer gelişmelerin Diyanet İşleri Başkanlığına bildirilmesini istemiştir (BCA, 51.0.0.0/4.30.14, s. 1). Bu durum dinî alandaki farklı yorumların yalnızca inanç meselesi olarak değil, millî birlik açısından doğurabileceği sonuçlar üzerinden de ele alındığını göstermektedir.

II. Dünya Savaşı'nın sona ermesinden sonra Türkiye'nin çok partili siyasal hayata yönelmesi, dinî faaliyetlere ilişkin tehdit algısına yeni bir boyut kazandırmıştır. 1945 sonrasında din, laiklik ve inkılaplar etrafındaki tartışmalar giderek siyasal rekabetle ilişkilendirilmeye başlanmıştır. Bu dönemde yalnızca ülke içindeki dinî faaliyetler değil, yurt dışından geldiği düşünülen dinî propaganda da takip edilmiştir. İçişleri Bakanı Şükrü Sökmensüer tarafından Başbakanlığa gönderilen bir raporda, Samsun'da yaşayan İran uyruklu Zülfikar Haydari'ye İran'daki “Müslüman Propaganda Cemiyeti” tarafından gönderilen broşürler üzerinde durulmuştur. “Encümeni Tebligâtı İslâmî”ye ait olduğu belirtilen bu yayınların gerçek amacı kesin olarak tespit edilememekle birlikte dünya Müslümanları arasında birlik oluşturmaya ve bu amaç doğrultusunda propaganda yürütmeye yönelik olabileceği düşünülmüş, faaliyetlerin ülke

açısından uygun bulunmaması nedeniyle broşürlerin yurda sokulmaması ve mevcut nüshaların toplatılması istenmiştir (BCA, 30.10.0.0/88.578.3, s. 1).

1947 yılına ait bir başka olay, dinî mekânların hükümet karşıtı propaganda amacıyla kullanılabileceğine ilişkin kaygıları yansıtmaktadır. Vakıflar Genel Müdürü Fahrettin Kiper'in 24 Mart 1947 tarihinde Başbakanlığa gönderdiği yazıya göre İstanbul'daki Fatih ve Bayezid camilerine kimliği belirsiz kişiler tarafından hükümet aleyhinde ifadeler içeren mektuplar bırakılmıştır. Mektuplar cami görevlilerince emniyet birimlerine teslim edilmiş ve konu hakkında soruşturma başlatılmıştır. 21 Mart 1947 tarihinde Süleymaniye Camii'nde eski Arap harfleriyle yazılmış bir mektup bırakmaya çalışan bir kişi ise müezzinler tarafından fark edilerek polise teslim edilmiştir (BCA, 30.10.0.0/103.675.10, s. 2). Bu olay, 1942-1949 döneminde dinî mekânların yalnızca ibadet hayatı bakımından değil, siyasal içerikli faaliyetlerin gerçekleşebileceği alanlar olarak da güvenlik makamlarının dikkatinde bulunduğunu göstermektedir.

Çok partili siyasal hayatın belirginleştiği 1949 yılına gelindiğinde dinî faaliyetlere yönelik değerlendirmelerde siyasal rekabetin etkisi daha açık biçimde hissedilmiştir. CHP Balıkesir ve Çanakkale Bölge Müfettişi Naki Cevat Akkerman'ın 26 Nisan 1949 tarihinde CHP Genel Sekreterliğine gönderdiği yazı bu bakımdan önemlidir. Akkerman, Biga'da katrancılık yapan ve polis komiserliğinden emekli olan Hilmi Selanik'in dinin siyasete alet edildiğine ilişkin şikâyetini incelemiş ve 12 Nisan 1949 tarihinde kendisiyle görüşmüştür. Selanik, 1945'te başlayan demokratik gelişmelerden sonra laiklik aleyhindeki yazılı ve sözlü faaliyetlerin arttığını ileri sürmüş, özellikle Biga'da elden ele dolaştırılan *Sebilürreşad* dergisini inkılaplar aleyhinde propaganda yapan bir yayın olarak değerlendirmiştir. Bununla birlikte o tarihte irticai bir harekete girişebilecek örgütlü bir yapının bulunmadığını da açıkça belirtmiştir. Selanik'in asıl kaygısı, devletin zayıflaması hâlinde bu çevrelerin daha etkili hâle gelebileceği ihtimaliydi. *Sebilürreşad*'da yayımlanan "Laiklere Rey Vermeyiniz" başlıklı yazı da bu endişesini güçlendirmiştir. Naki Cevat Akkerman ise yaptığı görüşmenin ardından Selanik'in inkılap ve demokrasi konusundaki düşüncelerinde samimi olduğu kanaatine varmış ve bölgede meydana gelebilecek gelişmeler hakkında kendisini bilgilendirmesini istemiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 2-3). Bu örnekte dinî yayınlara ilişkin kaygının artık doğrudan seçimler ve siyasal tercihlerle ilişkilendirilmesi, 1945 sonrasında tehdit algısında meydana gelen değişimi belirginleştirmiştir.

Aynı yıl Niğde çevresinden CHP Genel Sekreterliğine ulaşan bilgiler, tarikat faaliyetlerinin de siyasal rekabet çerçevesinde yorumlandığını göstermesi bakımından önem taşımaktadır. CHP

Genel Sekreteri adına Erzurum Milletvekili Cevat Dursunoğlu tarafından 3 Mart 1949 tarihinde İçişleri Bakanı Emin Erişirgil'e gönderilen "Özeldir" başlıklı yazıda, Niğde çevresinde ortaya çıktığı bildirilen irticai hareketlerin genişlediğine ilişkin CHP Niğde teşkilatının değerlendirmeleri aktarılmıştır (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 10). 13 Şubat 1949 tarihli yazıda, Ulukışla'ya bağlı İlhan köyünde Kadirî tarikatına mensup Şeyh Mustafa adlı kişinin yaklaşık altı ay önce Mahmut Kahya'yı öldürdüğü ve tutuklanmasına rağmen çevre köylerden gelen müritleri tarafından ziyaret edilmeye devam edildiği belirtilmiştir. Tekneçukur, Alihoca, Horoz, Ömerli, Hüsniye ve İlhan başta olmak üzere çeşitli köylerde Kadirîliğe bağlı dinî uygulamaların gizli veya açık biçimde devam ettiği, bazı köy muhtarlarının da tarikata mensup olmaları nedeniyle jandarmanın yeterli sonuç alamadığı ileri sürülmüştür. CHP Niğde teşkilatının değerlendirmesinde bu faaliyetler, çok partili hayatın getirdiği siyasal rekabetten bağımsız ele alınmamıştır. Son iki yılda Demokrat Parti'nin çeşitli ilçe, bucak ve köylerde dini siyasete alet ettiği ve bunun sonucunda gizli veya açık tarikat faaliyetlerinin arttığı iddia edilmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 12). Niğde CHP İl İdare Kurulu Başkanı Dr. Abdurrahman Kamar da DP mensuplarının iktidara gelmeleri hâlinde okullarda din derslerinin yeniden okutulacağı, şeyhlik ve dervişliğin serbest bırakılacağı yönünde propaganda yaptıklarını ileri sürmüştür. Kamar, bu söylemler ile köylerdeki tarikat faaliyetleri arasında doğrudan bir ilişki kurmuş ve mevcut durumun ileride daha ciddi olaylara yol açabileceği endişesini CHP Genel Sekreterliğine bildirmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 13). Ancak bu iddiaların CHP teşkilatı tarafından dile getirildiği ve dönemin parti rekabeti içerisinde şekillendiği gözden uzak tutulmamalıdır.

1942'den 1949'a uzanan belgeler birlikte değerlendirildiğinde dinî faaliyetlere yönelik tehdit algısının dönem içerisinde farklılaşan bir seyir izlediği anlaşılmaktadır. 1942-1944 yıllarında geleneksel dinî uygulamalar ve dinî yayınların laiklik ve inkılaplar açısından taşıdığı düşünülen sakıncalar daha fazla öne çıkarken, savaşın sonlarına doğru millî birliği bozabileceği düşünülen dinî propaganda girişimleri de takip alanına girmiştir. 1945 sonrasında çok partili hayata geçişle birlikte dinî faaliyetlere ilişkin değerlendirmeler giderek siyasal rekabetle iç içe geçmiş, özellikle 1949 yılına ait CHP yazışmalarında dinin siyasete alet edildiğine yönelik iddialar belirginleşmiştir. Bununla birlikte belgelerde yer alan iddiaların önemli bir bölümünün ihbar, parti yazışması veya resmî değerlendirme niteliğinde olduğu dikkate alınmalı, bunlar doğrudan gerçekleşmiş rejim karşıtı faaliyetlerin kanıtı olarak değil, dönemin siyasal aktörlerinin tehdit algısını yansıtan kaynaklar olarak okunmalıdır.

KÜRTÇÜLÜK VE DIŞ KAYNAKLI AYRILIKÇI PROPAGANDA ALGISI

II. Dünya Savaşı yıllarında Türkiye'nin doğu sınırlarında yaşanan gelişmeler, yalnızca askerî güvenlik açısından değil, dışarıdan yönlendirilebilecek propaganda ve casusluk faaliyetleri bakımından da yakından takip edilmiştir. Çalışmanın başlangıç yılı olan 1942'de bu kaygının özellikle Sovyet sınırı çevresinde belirginleştiği görülmüştür. Millî Müdafaa Vekili Ali Rıza Artunkal tarafından 7 Mayıs 1942 tarihinde Başbakanlığa gönderilen yazıda, Dokuzuncu Kolordu Komutanlığı İki Numaralı Askerî Mahkemesine intikal eden casusluk davaları üzerinde durulmuştur. Belgede, sanıkların önemli bir bölümünün Sovyetler Birliği sınırına yakın bölgelerde yaşayan ve Türkiye'de akrabaları bulunan Türk ve Müslümanlardan oluştuğu belirtilmiştir. Yapılan soruşturmalar sırasında bu kişilerin bir kısmının çeşitli baskılar veya zorlayıcı şartlar altında Türkiye'ye gönderilmiş olabilecekleri değerlendirilmiştir. Bu nedenle Sovyetler Birliği sınırları içinde yaşayan Türk unsurların söz konusu faaliyetlerden uzak tutulabilmesi amacıyla radyo yayınları ve diğer propaganda araçlarından yararlanılması önerilmiştir (BCA, 30.10.0.0/100.649.3, s. 1). Her ne kadar bu belge doğrudan Kürtçülük faaliyetlerine ilişkin olmasa da doğu sınırında dış kaynaklı propaganda ve casusluk ihtimalinin savaş yıllarında devletin güvenlik algısında önemli bir yer tuttuğunu göstermesi bakımından sonraki gelişmeler için anlamlı bir arka plan oluşturmaktadır.

Bu güvenlik hassasiyetinin 1944 yılında Bitlis'te meydana gelen bir olay üzerinden daha somut bir nitelik kazandığı görülmektedir. Ağustos 1944'ün ilk haftasında Bitlis'e bağlı Çukur Nahiyesinin Muşakşın-Mışakşın-Mişehşin (Değirmenköy) köyünde gerçekleştirilen bir düğünde Ahmet Dilo adlı kişinin söylediği Kürtçe bir türkü, Cumhuriyet yönetimine ve bazı inkılaplara yönelik eleştirel ifadeler içerdiği gerekçesiyle incelemeye alınmıştır. Olay, mahsul tahmin işi nedeniyle bölgede bulunan öğretmen vekili Yakup Kuşçuoğlu tarafından fark edilmiş ve yetkililere bildirilmiştir. Kuşçuoğlu'nun Kürtçe bilmesi, türkünün bazı sözlerinin tespit edilmesini sağlamıştır.

CHP Muş Bölgesi Müfettişi ve Erzincan Milletvekili Feyzi Kalfagil, Bitlis'i teftiş ettiği sırada olaydan haberdar olmuş ve konunun araştırılmasını Vali Asım Türelî'den istemiştir. Kalfagil, 31 Ağustos 1944 tarihinde Van'da bulunduğu sırada gelişmeleri CHP Genel Sekreteri Memduh Şevket Esendal'a da iletmiştir. Bitlis'e dönüşünde ise tanık ifadeleri doğrultusunda Ahmet Dilo'nun 4 Eylül 1944 tarihinde tutuklandığını öğrenmiştir. Tanıklar, şarkıda İsmet İnönü'ye ve Cumhuriyet döneminde gerçekleştirilen bazı düzenlemelere yönelik eleştirel sözlerin bulunduğunu ileri sürmüşlerdir. Ahmet Dilo ise söz konusu türküyü söylediği yönündeki iddiayı reddetmiş ve türkünün kim tarafından ortaya çıkarıldığını bilmediğini ifade etmiştir.

(BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 26-27). Arşiv belgelerinde olayın yalnızca yerel bir adli mesele olarak değerlendirilmediği, türkünün kaynağının ve bölgeye hangi kanaldan ulaştığının da araştırıldığı anlaşılmaktadır. CHP Genel Sekreterliği IV. Büro Şefliğinden II. Büro Şefliğine gönderilen 13 Ekim 1944 tarihli belgede, Feyzi Kalfagil'in raporunda sözü edilen türkünün hangi yolla köylere ulaştığının ortaya çıkarılması istenmiştir. Bu çerçevede ihbarda bulunan Yakup Kuşçuoğlu'nun olayı daha önce hükümet makamlarına bildirip bildirmediği, türküyü düğün sırasında mı öğrendiği, yoksa daha önceden bilip bilmediği araştırılmıştır. Ayrıca dil özelliklerinden hareketle türkünün Irak veya Suriye'de hazırlanıp daha sonra Türkiye'ye sokulmuş olup olmadığının belirlenmesine de çalışılmıştır (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 25).

Feyzi Kalfagil'in 31 Ekim 1944 tarihli değerlendirmesi, soruşturmanın özellikle türkünün dış kaynaklı olup olmadığı üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Kalfagil, Bitlis ile Irak ve Suriye'de konuşulan Kürtçe şiveler arasında bazı benzerlikler bulunması nedeniyle türkünün ortaya çıktığı coğrafyanın yalnızca dil özellikleri üzerinden kesin biçimde belirlenemeyeceğini ifade etmiştir. Bununla birlikte Irak ve Suriye'de Kürtçülük faaliyetlerinde bulunan kişilerin farklı yörelere ait şiveleri bilmeleri hâlinde propaganda yapılacak bölgenin dil özelliklerine uygun metinler hazırlayabileceklerini ileri sürmüştür. Türkünün Bitlis'te konuşulan Kürtçeye uygun olması ve Bitlisli Cumhuriyet Savcılığı kâtabi Nafiz Zülfikar tarafından kelimesi kelimesine çevrilebilmesi de bu değerlendirme içerisinde ele alınmıştır (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 19-20).

Kalfagil, kesin bir delil bulunmamasına rağmen türkünün Irak veya Suriye'de Kürt bağımsızlığı amacıyla faaliyet gösteren bazı çevreler tarafından hazırlanarak Bitlis'e kadar ulaştırılmış olabileceği ihtimali üzerinde durmuştur. Ancak bu değerlendirmeyi kesin bir hüküm olarak sunmamış, soruşturmanın sonucunun ayrıca takip edileceğini belirtmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 26-27). Kalfagil'in değerlendirmesinde olay doğrudan ayrılıkçı bir propaganda faaliyeti olarak kabul edilmemiş, dış bağlantı ihtimali de araştırılmıştır.

Bitlis CHP İl İdare Kurulu Başkanı Arif Özdemir'in 7 Aralık 1944 tarihinde CHP Genel Sekreterliğine gönderdiği yazı, soruşturmanın sonraki aşamasına ilişkin daha ayrıntılı bilgiler içermektedir. Özdemir, Ahmet Dilo'nun gözaltına alındığını, hazırlık soruşturmasının ardından Cumhuriyet Savcılığına teslim edildiğini ve Asliye Ceza Mahkemesinin davayı görev alanı dışında görerek Ağır Ceza Mahkemesine gönderdiğini bildirmiştir. Tanık ifadelerine göre türkünde "Sarığı kaldırdılar, şapkayı koydular" ve "Cumayı kaldırdılar, pazarı koydular" şeklinde Cumhuriyet dönemindeki değişiklikleri eleştiren sözler bulunmaktaydı. Türkçeye yapılan çeviride şeyh ve mollaların etkisinin ortadan kaldırılması, şapkanın kabul edilmesi ve

cuma yerine pazar gününün tatil yapılması gibi düzenlemelere yönelik eleştiriler de yer almıştır. Bununla birlikte türkünün nerede ortaya çıktığı ve Ahmet Dilo tarafından nereden öğrenildiği konusunda kesin bir sonuca ulaşılamamıştır (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 14-17).

Ahmet Dilo'nun toplumsal konumu da soruşturma sırasında dikkate alınmıştır. Belgelerde onun tanınmış veya siyaseten etkili bir kişi olmadığı, çeşitli köylerde düğünlere katılarak şarkı söylediği ve oyun oynadığı, geçimini de büyük ölçüde bu yolla sağlamaya çalıştığı belirtilmiştir. Bu bilgi, olayın değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Çünkü şarkının içeriği rejim karşıtı ve ayrılıkçı propaganda ihtimaliyle ilişkilendirilmiş olsa da söz konusu kişinin örgütlü bir siyasal faaliyetin parçası olduğuna ilişkin kesin bir bulguya ulaşılamamıştır.

Arif Özdemir'in değerlendirmesi de bu noktada dikkat çekicidir. Özdemir, yaşanan olaydan hareketle Bitlis ve çevresindeki halkın genel olarak Cumhuriyet rejimi aleyhinde olduğu şeklinde bir sonuca varılmaması gerektiğini özellikle belirtmiştir. Bölgede zaman zaman ortaya çıkan benzer olayların cehalet ve kişisel kanaatlerden kaynaklanan münferit hadiseler olarak değerlendirilmesini daha doğru bulmuştur. Halkın Cumhuriyet Hükümetinin prensiplerine ve kanunlarına bağlı olduğunu, geçmişteki irtica ve isyan hadiselerinde birçok kez hükümetin yanında yer aldığını ifade etmiştir. Buna rağmen CHP'yi ilgilendiren her türlü gelişmenin dikkatle izlenerek Genel Sekreterliğe bildirileceğini de eklemiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 15-17). Özdemir'in değerlendirmesinde, münferit bir olayın bölge halkının geneline mal edilmesinden özellikle kaçınılmıştır.

1944 Bitlis olayında, Kürtçe bir türkü içerdiği düşünülen siyasal ifadeler nedeniyle güvenlik ve propaganda konusu hâline gelmiştir. Bununla birlikte yapılan araştırmalarda türkünün yurt dışında hazırlanarak Türkiye'ye sokulduğuna veya örgütlü bir Kürtçülük faaliyeti kapsamında yayıldığına ilişkin kesin bir delile ulaşılamamıştır. Buna rağmen dış bağlantı ihtimali üzerinde ayrıntılı biçimde durulması, II. Dünya Savaşı yıllarındaki güvenlik kaygılarının doğu vilayetlerinde yaşanan yerel olayların değerlendirilmesine de yansıdığını akla getirmektedir.

1949 yılına gelindiğinde ise Kürtçülük ve ayrılıkçı propaganda algısının Sovyetler Birliği ile daha açık biçimde ilişkilendirildiği görülmektedir. 22 Mart 1949 tarihinde "Zata Mahsustur" ibaresiyle İçişleri Bakanı Emin Erişirgil'e gönderilen yazıda, Sovyetler Birliği tarafından Arpaçay sınırı üzerinden Kars'a gizlice propaganda ajanları gönderildiği ve bu kişilerin özellikle Kürt nüfusun yaşadığı köylerde faaliyet yürüttükleri ileri sürülmüştür. Belgede sınırdan gönderildiği belirtilen kişilerin özel olarak eğitilmiş Kürtlerden oluştuğu ve köylere gizlice girerek propaganda yaptıkları iddia edilmiştir. Belgede, söz konusu kişilerin Kürtlere yönelik çeşitli telkinlerde bulundukları ve İran ile Irak'taki Kürtlerle birlikte bağımsız bir Kürt

yönetimi kurulabileceği yönünde propaganda yaptıkları iddia edilmiştir. Propagandanın Kars yakınlarındaki Berne ve Karakilise köylerine kadar ulaştığı iddia edilmiştir. Ancak belgede yer alan bilgilerin kesinliği konusunda ihtiyatlı davranılmış, iddiaların doğru olması hâlinde benzer propaganda faaliyetlerinin ülkenin diğer bölgelerinde de araştırılmasının uygun olacağı belirtilmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 9). Bu bilgiler, 1949 yılında doğrulanmış bir faaliyet olarak değil, araştırılması gereken bir ihbar olarak değerlendirilmiştir.

Aynı yıl uluslararası kaynaklara yansıyan değerlendirmeler de Sovyetler Birliği'nin Kürt nüfus üzerinde propaganda yürüttüğüne ilişkin kaygıların yalnızca Türkiye ile sınırlı olmadığını göstermektedir. *New York Times* gazetesinin 26 Haziran 1949 tarihli nüshasında yer alan bir haberde, daha önce Amerika Birleşik Devletleri'nin Ankara Büyükelçiliğinde görev yapan ve o tarihte Bağdat Büyükelçiliğinde çalışan Richard Gnade'nin incelemelerine yer verilmiştir. Haberde Kürtlerin özellikle Sovyet radyosunun Kürtçe yayınlarını dinledikleri, bu yayınlarda bağımsız bir Kürt cumhuriyetinin kurulabileceği yönünde vaatlerde bulunduğu ve Sovyetlerin bu yolla bölgedeki Kürt nüfus üzerinde etkili olmaya çalıştığı ileri sürülmüştür. Gnade'nin konuyu görüşmek üzere Kahire'deki Amerikan istihbarat birimleriyle temas kurduğu ve Sovyet propagandasına karşı Kürtçe yayın yapılması üzerinde durulduğu bildirilmiştir (Dışişleri Bakanlığı Türk Diplomatik Arşivi (TDA), 533/8178.55407.50, s. 1-2).

1942-1949 yılları arasındaki belgeler birlikte ele alındığında, doğu sınırlarındaki güvenlik kaygısının dönem içerisinde farklı bir içerik kazandığı anlaşılmaktadır. 1942 yılında Sovyet sınırından yönlendirilen casusluk faaliyetleri daha genel bir güvenlik sorunu olarak değerlendirilirken, 1944 Bitlis olayında yerel bir Kürtçe türkü dış bağlantılı ayrılıkçı propaganda ihtimali çerçevesinde araştırılmıştır. 1949'a gelindiğinde ise Sovyetler Birliği'nin Kürt nüfus üzerinde propaganda yürüttüğü ve bağımsız bir Kürt devleti düşüncesini desteklediği yönündeki iddialar daha belirgin hâle gelmiştir. Böylece savaş yıllarındaki genel sınır güvenliği kaygısının, savaş sonrasında Sovyetler Birliği ile artan gerilim ortamında Kürtçülük ve ayrılıkçılık eksenli daha belirgin bir tehdit algısına dönüştüğü söylenebilir.

Bununla birlikte incelenen belgeler, söz konusu iddiaların tamamının doğrulanmış faaliyetler olarak kabul edilmesine imkân vermemektedir. Özellikle 1944 Bitlis olayında türkünün dış kaynaklı olduğuna ilişkin kesin bir sonuca ulaşılamaması ve 1949 Kars örneğinde bilgilerin doğruluğunun ayrıca araştırılmasının istenmesi bu noktada önemlidir. Bu nedenle belgeler, Kürtçülük veya ayrılıkçı propaganda faaliyetlerinin gerçek boyutunu doğrudan ortaya koyan kaynaklar olarak değil, 1942-1949 yılları arasında devlet ve CHP çevrelerinin doğu sınırları,

dış propaganda ve ayrılıkçılık konularında geliştirdikleri tehdit algısını yansıtan belgeler olarak değerlendirilmelidir.

KOMÜNİZM VE TURANCILIK EKSENİNDE SİYASAL TEHDİT ALGISI

Tek parti döneminde rejime yönelik tehdit algısı yalnızca dinî veya ayrılıkçı faaliyetlerle sınırlı kalmamış, komünizm ve Turancılık gibi farklı ideolojik yönelimler de yakından takip edilmiştir. Çalışmanın ele aldığı 1942-1949 döneminden hemen önce, 1941 yılına ait bir belge komünist faaliyetlere ilişkin güvenlik kaygısının hangi çerçevede şekillendiğini göstermesi bakımından önem taşımaktadır. Millî Müdafaa Vekili Saffet Arıkan tarafından 29 Ocak 1941 tarihinde Başbakanlığa gönderilen yazıda, İstanbul'da gerçekleştirildiği belirtilen bir komünist toplantıya katılan Süleyman adlı kişinin sahte doktor kimliği temin ederek Tahsin Sayan adıyla Erzurum ve Van'da komünist teşkilatı kurmak amacıyla doğuya doğru hareket ettiği ileri sürülmüştür. Söz konusu kişi Karaköse'de yakalanmış, olayın ardından Türkiye'deki komünist faaliyetlerin İstanbul'dan yönlendirildiği ve Anadolu'nun farklı bölgelerine bu amaçla kişiler gönderildiği değerlendirilmiştir. Gelişme Örfi İdare ve İstanbul güvenlik birimlerine bildirilerek konuya dikkat çekilmiştir (BCA, 30.10.0.0/209.426.5, s. 2). Bu belge, çalışmanın başlangıç yılı olan 1942 öncesinde komünist faaliyetlerin örgütlü ve merkezden taşraya yayılan bir tehdit olarak algılanmaya başladığını göstermesi bakımından sonraki yıllara ilişkin değerlendirmeler için bir arka plan oluşturmaktadır.

1942-1949 döneminde ideolojik faaliyetlerin takibi yalnızca komünizmle sınırlı kalmamış, savaşın ilerleyen yıllarında Turancılık da güvenlik makamlarının ve CHP teşkilatlarının dikkatini çeken başlıklardan biri hâline gelmiştir. Bu duruma ilişkin dikkat çekici örneklerden biri 1944 yılında Çanakkale'de yaşanmıştır. CHP Çanakkale İdare Heyeti Başkanı Halil Dilmaç tarafından CHP Genel Sekreterliğine gönderilen 16 Ekim 1944 tarihli yazıda, Halkevinde gençlere yönelik olarak düzenli konferanslar verildiği ve bu toplantılarda gençlerin hükümetin kanunlarına ve parti prensiplerine bağlılıklarının güçlendirilmesine çalışıldığı belirtilmiştir. Aynı yazıda, yaşları 20 ile 25 arasında değişen bazı gençlerin söz ve davranışlarının son günlerde CHP teşkilatı ile güvenlik birimlerinin dikkatini çektiği bildirilmiştir. Yapılan soruşturma sonucunda altı gençten ikisinin İstanbul'daki Turancı çevrelerle daha güçlü bağlantılarının bulunduğu, diğer dört kişinin ise bu çevrelerle daha sınırlı ilişki içerisinde oldukları ileri sürülmüştür. Çanakkale'nin örfi idare altında bulunması nedeniyle söz konusu altı kişi, haklarındaki evraklarla birlikte askerî komutanlığa teslim edilmiştir. Bir albayın başkanlığında, Emniyet Müdürü ve Jandarma Komutanının da yer aldığı bir heyetin

soruşturmayı genişletmek amacıyla çalışmalarını sürdürdüğü CHP Genel Sekreterliğine bildirilmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 37).

Olayın kısa süre içerisinde genişletilmesi, Çanakkale'deki gelişmenin yalnızca birkaç gencin bireysel faaliyetleri olarak değerlendirilmediğini göstermektedir. Halil Dilmaç'ın 20 Ekim 1944 tarihli ikinci yazısında, başlangıçta incelemeye alınan altı gencin yanı sıra olayla ilişkili olduklarından şüphelenilen dört subay ve üç erin de soruşturmaya dâhil edildiği belirtilmiştir. Böylece toplam on üç kişi İstanbul Örfi İdare Komutanlığına gönderilmiştir. Bununla birlikte yapılan incelemelerde söz konusu gençlerin kendi başlarına örgütlü bir Turancı hareket oluşturabilecek veya böyle bir hareketi yönetebilecek nitelikte olmadıkları değerlendirilmiştir. Gençlerin küçük miktarlardaki para karşılığında İstanbul'daki bazı çevreler tarafından yönlendirildiklerinin düşünüldüğü bildirilmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 36).

Çanakkale'de 1944 yılında Turancılıkla ilişkilendirilen kişilere yönelik incelemeler, düşünsel eğilimlerin yanı sıra örgütlü bir hareketin bulunup bulunmadığı üzerinde de yoğunlaşmıştır. Başlangıçta altı genç hakkında yürütülen soruşturma, daha sonra askerî personeli de kapsayacak şekilde genişletilmiştir.

1942-1949 dönemi açısından bakıldığında, komünizm ve Turancılık farklı ideolojik yönelimleri temsil etmelerine rağmen her ikisi de rejim ve kamu düzeni açısından takip edilmesi gereken faaliyetler arasında görülmüştür. Böylece farklı siyasal ve ideolojik faaliyetler, dönemin güvenlik ve denetim anlayışı çerçevesinde takip edilmiştir. Bununla birlikte mevcut belgeler, komünizm ve Turancılığa ilişkin bütün iddiaların kesinleşmiş ve örgütlü faaliyetler şeklinde değerlendirilmesine imkân vermemektedir. Özellikle Çanakkale olayında gençlerin bağımsız bir hareket oluşturabilecek güçte olmadıklarının soruşturma sonucunda belirtilmesi, arşiv belgelerinde yer alan ilk ihbar ve şüphelerin tarihsel gerçeklikle doğrudan özdeşleştirilmemesi gerektiğini göstermektedir.

DIŞ KAYNAKLI PROPAGANDA FAALİYETLERİNİN TAKİBİ

II. Dünya Savaşı yıllarında Türkiye'nin savaşa doğrudan katılmamasına rağmen farklı devletlerin ülke içerisindeki propaganda faaliyetleri yakından takip edilmiştir. Çalışmanın kapsadığı 1942-1949 yılları içerisinde özellikle savaşın devam ettiği 1942-1945 döneminde İngiltere, Almanya ve Yunanistan bağlantılı olduğu düşünülen faaliyetler, kamu düzeni ve ülke güvenliği açısından değerlendirmeye alınmıştır. Yabancı ülke vatandaşlarının faaliyetlerinin yanı sıra basılı yayınlar ve ülke dışından gönderilen propaganda malzemeleri de ilgili makamlar tarafından yakından takip edilmiştir.

Bu doğrultuda 1942 yılında İstanbul'daki İngiliz istihbarat ve propaganda çevrelerinin faaliyetleri gündeme gelmiştir. Hariciye Vekili Şükrü Saraçoğlu tarafından 14 Nisan 1942 tarihinde Başbakanlığa gönderilen yazıda, İstanbul Vilayetinden alınan bilgilere dayanılarak şehirde faaliyet gösteren İngiliz istihbarat ve propaganda servisine mensup bazı kişiler hakkında yapılan değerlendirmelere yer verilmiştir. Belgede, İngiliz gazeteci Gedye ile İstanbul'daki İngiliz Kitabevinin sahibi Arthur Colley'nin söz konusu yapılanmanın önde gelen isimleri arasında bulunduğu ileri sürülmüş ve bu kişilerin sınır dışı edilmeleri gündeme getirilmiştir. İngiliz Başkonsolosluğu bünyesinde faaliyet gösterdiği belirtilen propaganda servisi mensupları hakkında da kanuni işlem yapılması önerilmiştir. Genelkurmay Başkanlığı, Dâhiliye Vekâleti ve Millî Müdafaa Vekâletinden alınan görüşlerin Örfî İdare Komutanlığının değerlendirmeleriyle örtüştüğü belirtilmiştir. Hariciye Vekâleti ise İngiliz Büyükelçiliği kaynaklarından gazeteci Gedye'nin Türkiye'den geri alınacağını öğrenildiğini ve yaşanan son gelişmeler nedeniyle yabancı ülke vatandaşlarının faaliyetlerine karşı daha ciddi tedbirler alınacağını ilgili elçiliklere bildirildiğini kaydetmiştir (BCA, 30.10.0.0/100.648.14, s. 1).

Benzer bir hassasiyet 1943 yılında Alman uyruklu Kurt Emo Heyde hakkında yürütülen işlemde görülmektedir. 17 Nisan 1943 tarihli belgede, Türkiye Cumhuriyeti aleyhinde ve başka devletler lehinde propaganda yaptığı gerekçesiyle Heyde hakkında takibat yapılmasına izin verilmiştir. Galata'da ikamet eden ve yabancı dil dersi veren Heyde'nin, kendisinden ders almaya gelen bazı kişilere Sovyetler Birliği'nin Türkiye'ye nota verdiğini, İstanbul'un uluslararası bir şehir hâline getirileceğini, Antalya'nın İtalya'ya ve Trakya'nın Bulgaristan'a bırakılacağını söylediği ileri sürülmüştür. Bu ifadelerin kamuoyunda korku ve heyecana yol açabilecek nitelikte, asılsız ve abartılı haberler olarak değerlendirildiği anlaşılmaktadır. Heyde'nin söz konusu faaliyetleri nedeniyle Türk Ceza Kanunu'nun ilgili hükümleri doğrultusunda hakkında işlem yapılmasına izin verilmiştir (BCA, 30.10.0.0/100.648.15, s. 1).

Dış kaynaklı propaganda faaliyetlerine ilişkin farklı bir örnek ise 1944 yılında İzmir çevresinde yaşanmıştır. CHP İzmir Vilayet İdare Heyeti Başkanı Sedat Dikmen tarafından 29 Ağustos 1944 tarihinde CHP Genel Sekreterliğine gönderilen yazıda, Cumaovası teşkilatından alınan bir ihbar aktarılmıştır. Buna göre 24 Ağustos'u 25 Ağustos'a bağlayan gece Sisam Adası yönünden geldiği belirtilen kimliği belirsiz bir uçak, bölgedeki bazı köylerin üzerinden alçaktan uçmuş ve geçtiği yerlere demetler hâlinde çok sayıda kâğıt bırakmıştır. Köylüler tarafından toplanan bu belgeler karakollara teslim edilmiş, örnekleri de CHP teşkilatı aracılığıyla Genel Sekreterliğe ulaştırılmıştır. Belgelerden birinin Almanca, ikisinin ise Yunanca olduğu tespit edilmiş, Yunanca metinler tercüme edilerek asıllarıyla birlikte merkeze gönderilmiştir.

Yunanca belgelerden birinde Türkiye'ye yönelik doğrudan bir çağrıdan ziyade Yunanistan'daki siyasal gelişmelere ilişkin bilgiler bulunmaktaydı (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 39-40). Buna rağmen savaşın devam ettiği bir dönemde yabancı bir uçaktan bırakılan Almanca ve Yunanca belgeler parti ve güvenlik birimleri tarafından toplanarak incelenmek üzere merkeze gönderilmiştir.

Savaşın sona erdiği 1945 yılında ise bu kez Kıbrıs'ta yayımlanan Rumca bir dergi takip konusu olmuştur. 22 Eylül 1945 tarihli belgede, Lefkoşa'da yayımlanmaya başlayan ve dinî nitelikler taşıdığı belirtilen *Ağapi-Muhabbet* adlı Rumca derginin incelendiği kaydedilmiştir. Derginin çok sayıda nüshasının İstanbul'a gönderildiği ve Feriköy'deki Rum kilisesinin papazlarından biri aracılığıyla abonelere dağıtıldığı tespit edilmiştir. Temmuz-Ağustos nüshasında yayımlanan başyazı ise Türkiye aleyhinde propaganda içerdiği gerekçesiyle ayrıca değerlendirilmiştir (BCA, 30.10.0.0/86.572.10, s. 1-2).

İncelenen belgelerde yer alan bütün gelişmeleri aynı düzeyde Türkiye aleyhtarı propaganda olarak değerlendirmek mümkün değildir. Türkiye'ye yönelik doğrudan bir çağrı içermemesine rağmen söz konusu belge diğer propaganda malzemeleriyle birlikte incelemeye alınmıştır.

REJİM KARŞITI SÖYLEM VE İHBARLARIN TAKİBİ

Tek parti döneminde rejime yönelik olduğu düşünülen faaliyetlerin takibinde parti teşkilatlarından ve vatandaşlardan gelen ihbarlar önemli bir bilgi kaynağı olmuştur. Çalışmanın ele aldığı 1942-1949 döneminden önceki uygulamalar, bu takip mekanizmasının Cumhuriyet'in daha erken yıllarında şekillendiğini göstermektedir. Özellikle 1938 yılına ait belgelerde rejim aleyhindeki söylemlerin ve kamuoyunda huzursuzluk yaratabilecek haberlerin yalnızca engellenmesi değil, bunların kaynağına inilmesi ve elde edilen bilgilerin merkeze ulaştırılması üzerinde durulmuştur.

Dâhiliye Vekili ve CHP Genel Sekreteri Refik Saydam tarafından 5 Aralık 1938 tarihinde "Mahrem ve Zata Mahsustur" ibaresiyle CHP teşkilatına gönderilen yazıda, rejim karşıtı propaganda ile mücadelede izlenecek esaslara yer verilmiştir. Yazıda Cumhurbaşkanı İsmet İnönü'ye suikast girişiminde bulunulduğu, bazı kişilerin servetleriyle birlikte yurt dışına kaçarken yakalandıkları, tekkelerin yeniden açılacağı ve dinî faaliyetlere eskisi gibi izin verileceği yönünde çeşitli söylentilerin ülkenin farklı bölgelerine yayıldığı belirtilmiştir. Bu haberlerin resmî ve gayriresmî kaynaklardan merkeze ulaştığı, söz konusu propagandaların ülkenin huzurunu ve millî birliği bozmayı amaçladığı değerlendirilmiştir. Parti ve Halkevi mensuplarından bu tür söylentiler karşısında halkı bilgilendirmeleri ve rejimin temel esaslarında herhangi bir değişiklik olmayacağını anlatmaları istenmiştir. Bunun yanında

propaganda yapan kişilerin tespit edilerek haberlerin kaynağına ulaşılması ve elde edilen bilgilerin zamanında merkeze bildirilmesi talep edilmiştir (BCA, 490.1.0.0/4.19.20).

Aynı dönemde rejim karşıtı propaganda olarak değerlendirilen faaliyetlerin askerî kurumlarda da ciddi yaptırımlarla karşılandığı anlaşılmaktadır. Harp Okulu öğrencisi Şakir Tandoğmuş'un Cumhurbaşkanlığına yaptığı af başvurusu üzerine hazırlanan belgede, Tandoğmuş'un öğrenciliği sırasında Cumhuriyet aleyhinde propaganda yapmak, hilafet ve saltanatı savunmak ve arkadaşlarını amirlerine karşı isyana teşvik etmek suçlarından Harp Okulu Askerî Mahkemesince 24 yıl ağır hapis cezasına mahkûm edildiği belirtilmiştir. Af talebinin değerlendirilmesi sırasında hüküm hakkında yapılabilecek bir işlem bulunmadığı bildirilmiştir (BCA, 30.10.0.0/44.284.19, s. 2-3). Tek parti döneminde yeni siyasal düzenin toplumsal alanda yerleşmesine önem verilmiş, Cumhuriyet'in temel değerlerini benimseyen ve ulus-devlet anlayışıyla uyumlu bir yurttaşlık anlayışının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda rejime ve Cumhuriyet inkılaplarına bağlılık önem kazanırken, bunlara aykırı olduğu düşünülen siyasal ve ideolojik yönelimler de yakından takip edilmiştir (Turan, 2013, s. 84).

Bu dönemde merkeze ulaşan her ihbar doğrudan doğruya doğru kabul edilmemiş, iddiaların niteliği ve kaynağı da araştırılmıştır. Bu uygulamanın örneklerinden biri 1944 yılında Sivas'ın Hafik ilçesinde görülmüştür. CHP teşkilatı, söz konusu iddiayı doğrudan doğruya rejim karşıtı bir faaliyetin kanıtı olarak kabul etmek yerine konunun araştırılması yoluna gitmiştir. Hafik Jandarma Bölük Komutanıyla irtibat kurulmuş ve olay hakkında bilgisi bulunan kişilerin ifadeleri alınmıştır. Bununla birlikte kesin bir hükme varılmamış ve soruşturmanın devam ettiği CHP Genel Sekreterliğine bildirilmiştir (BCA, 490.1.0.0/587.27.2, s. 66).

Savaş sonrasında çok partili siyasal hayata geçilmesiyle birlikte rejim ve inkılaplar aleyhinde olduğu düşünülen yayınlar da takip edilmeye devam etmiştir. Bu bağlamda 1947 yılında Kıbrıs'ta yayımlanan *İslâm Yolu* dergisi dikkat çekmektedir. İçişleri Bakanı Şükrü Sökmensüer tarafından 31 Mart 1947 tarihinde Başbakanlığa gönderilen yazıda, Nazım Hoca tarafından Kıbrıs'ta 27 Aralık 1946'dan itibaren on beş günde bir yayımlanan derginin incelendiği belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmede, dinî konuların ele alındığı dergide Cumhuriyet inkılapları ve rejim aleyhinde örtülü eleştirilere yer verildiği ileri sürülmüştür. Derginin yabancı kaynaklardan maddi yardım aldığı ve rejim karşıtı çevrelere, eski hanedan mensuplarına veya Türkiye aleyhine faaliyet gösteren yabancı menfaatlere hizmet edebileceği yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu gerekçelerle derginin Türkiye'ye sokulmaması, satışının yasaklanması ve mevcut nüshalarının toplatılması için Bakanlar Kurulu kararı alınması istenmiştir (BCA, 30.10.0.0/88.578.4, s. 1). *İslâm Yolu* dergisinin 26 Aralık 1946

tarihli sayısında yer alan ifadeler, resmî makamların söz konusu değerlendirmesine dayanak oluşturan içerik hakkında fikir vermektedir. Dergide Türk kimliği ile Müslümanlık arasında güçlü bir bağ kurulmuş, Osmanlı dönemindeki askerî başarılar İslâm inancı üzerinden açıklanmış ve Türk gençliğine atalarının izlediği yolu takip etmesi yönünde çağrıda bulunulmuştur (BCA, 30.10.0.0/88.578.4, s. 4). Bununla birlikte bu ifadelerin doğrudan rejimi ortadan kaldırmaya yönelik açık bir çağrı içerdiğini söylemek güçtür. Resmî makamların asıl kaygısının, dinî ve tarihî referansların Cumhuriyet'in laiklik anlayışı ve inkılaplarıyla karşıtlık oluşturacak biçimde kullanılabileceği ihtimali üzerinde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır.

Tek parti yönetiminin devam ettiği dönemde CHP, Cumhuriyet'in laiklik anlayışının yerleşmesine yönelik düzenlemeleri sürdürmüş, dinî faaliyetleri de rejim ve inkılapların korunması çerçevesinde yakından takip etmiştir (Nal, 2005, s. 138). CHP teşkilatları, vatandaşlar, mülki makamlar ve güvenlik birimleri arasında oluşan bilgi akışı, yerelde ortaya çıkan iddiaların merkeze ulaşmasını sağlamıştır. Bununla birlikte belgelerdeki ihbar ve değerlendirmelerin tamamını doğrulanmış rejim karşıtı faaliyetler olarak kabul etmek mümkün değildir. Özellikle 1944 tarihli Sivas örneği, kişisel anlaşmazlıkların siyasal içerikli ihbarlara dönüşebildiğini açık biçimde göstermektedir. Bu nedenle söz konusu belgeler, rejim karşıtı faaliyetlerin boyutunu belirlemenin yanında, tek parti döneminin son yıllarında hangi söylemlerin şüphe uyandırdığını ve bu şüphelerin hangi idarî mekanizmalar aracılığıyla araştırıldığını anlamak bakımından da önem taşımaktadır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

1942-1949 yılları arasındaki CHP yazışmaları üzerinde yapılan inceleme, tek parti döneminin son yıllarında rejime yönelik siyasal ve ideolojik tehdit algısının oldukça geniş bir çerçevede şekillendiğini göstermiştir. İncelenen belgelerde Cumhuriyet rejimine ve inkılaplara aykırı olduğu düşünülen faaliyetlerin yalnızca belirli bir siyasal veya ideolojik eğilimle ilişkilendirilmediği tespit edilmiştir. Hilafet taraftarlığı, tarikat faaliyetleri, dinin siyasal amaçlarla kullanılması ve Cumhuriyet inkılaplarına yönelik eleştiriler irticai faaliyetler kapsamında değerlendirilirken Kürtçülük, Turancılık ve dış kaynaklı propaganda girişimleri de rejim açısından takip edilmesi gereken gelişmeler arasında görülmüştür. Böylece tek parti yönetiminin son yıllarında tehdit algısının dinî, siyasal ve ideolojik nitelikte farklı unsurları kapsadığı anlaşılmıştır.

Çalışmada ulaşılan önemli bulgulardan biri, rejime yönelik tehditlerin takip edilmesinde CHP'nin taşra teşkilatlarının etkin bir bilgi kaynağı olarak işlev görmüş olmasıdır. İl ve ilçe teşkilatlarından gönderilen yazılar, bölge müfettişlerinin raporları ve vatandaşların doğrudan

CHP Genel Sekreterliğine ulaştırdığı ihbarlar, yerelde meydana gelen gelişmelerin merkeze taşınmasını sağlamıştır. İzmir, Biga, Niğde, Bitlis, Çanakkale, Kars, Sivas ve Kastamonu’da ortaya çıkan veya ortaya çıktığı ileri sürülen faaliyetler, parti teşkilatları aracılığıyla merkeze aktarılmıştır.

Parti kanalları üzerinden merkeze ulaşan bilgiler yalnızca CHP içerisinde değerlendirilmemiş, olayın niteliğine göre mülki, adli ve askerî makamlarla da paylaşılmıştır. Bitlis’te bir düğünde söylenen Kürtçe türkü hakkında adli soruşturma yürütülmüş, Çanakkale’de Turancılık ile ilişkili oldukları ileri sürülen kişiler askerî makamlara teslim edilmiş, Niğde’deki tarikat faaliyetleri ise jandarma tarafından takip edilmiştir.

Tehdit algısının şekillenmesinde dönemin iç ve dış gelişmeleri de etkili olmuştur. II. Dünya Savaşı yıllarında Turancılık ve dış kaynaklı propaganda faaliyetlerinin yakından izlenmesinde, savaş ortamının doğurduğu güvenlik kaygıları önemli bir yer tutmuştur. 1945 sonrasında ise çok partili siyasal hayata geçişle birlikte din, laiklik ve Cumhuriyet inkılapları etrafındaki tartışmaların daha görünür hâle geldiği anlaşılmıştır. Özellikle dinin siyasete alet edildiğine ilişkin iddiaların DP ile ilişkilendirilmesi, siyasal rekabetin CHP teşkilatlarının tehdit algısını etkileyen unsurlardan biri hâline geldiğine işaret etmiştir.

Bununla birlikte çalışma kapsamında incelenen her ihbarın doğrulanmış bir rejim karşıtı faaliyet olarak değerlendirilmediği de görülmüştür. Bu bulgular, arşiv belgelerinde yer alan ihbar ve iddiaların doğrudan tarihsel gerçeklik olarak kabul edilmemesi, dönemin siyasal koşulları ve belgeleri hazırlayan kişi veya kurumların bakış açıları dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Sonuç olarak tek parti döneminin son yıllarında rejimin ve Cumhuriyet inkılaplarının korunması yalnızca merkezî düzeyde ele alınmamış, taşrayı da kapsayan geniş bir takip ve bilgi ağı içerisinde yürütülmüştür. Parti teşkilatları, bölge müfettişleri ve vatandaşlardan gelen ihbarlarla elde edilen bilgiler merkeze ulaştırılmış, gerekli görülen durumlarda ilgili devlet kurumları da sürece dâhil olmuştur.

KAYNAKLAR

Arşiv Belgeleri

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Cumhuriyet Arşivi (BCA),
30.10.0.0/44.284.19
BCA, 51.0.0.0/4.30.14
BCA, 30.10.0.0/85.559.5
BCA, 30.10.0.0/86.569.3
BCA, 30.10.0.0/86.570.7
BCA, 30.10.0.0/86.571.8
BCA, 30.10.0.0/86.571.10
BCA, 30.10.0.0/86.572.10
BCA, 30.10.0.0/88.578.3

BCA, 30.10.0.0/88.578.4
BCA, 30.10.0.0/100.648.14
BCA, 30.10.0.0/100.648.15
BCA, 30.10.0.0/100.649.3
BCA, 30.10.0.0/103.675.10
BCA, 30.10.0.0/209.426.5
BCA, 490.1.0.0/587.27.2
BCA, 490.1.0.0/4.19.20
Dışişleri Bakanlığı Türk Diplomatik Arşivi (TDA), 533/8178.55407.50

Sürelî Yayınlar

Cumhuriyet.

Son Posta.

Son Saat.

Vakit.

Araştırma Eserleri

Bayur, Y. H. (1934). *Yeni Türk devletinin haricî siyaseti*. Akşam Matbaası.

Çelik, A. (2018). İkinci Dünya Savaşı'nda hükümet-basın ilişkileri ve gazeteci mebuslar. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28(2), 315-331.

Ergin, O. N. (1932). *Beledî bilgiler*. Hamit Bey Matbaası.

Geçikli, F. (2012). Geçmişten günümüze propaganda kavramı. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (9), 265-276.

Nal, S. (2005). Demokrat Partinin 1950-1954 dönemi din siyaseti. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60(3), 137-171.

Turan, M. (2013). Tek Parti döneminin iktidar literatüründe Osmanlı mirası. *Tarih Okulu Dergisi*, 6(16), 79-116.

"NAHÇIVAN EYALETİNİN MUFASSAL DEFTERİ" – AZERBAYCAN TARİHİNİN ÖĞRENİLMESİNDE BİR KAYNAK OLARAK

Doçent Dr. Aynur Hacigedirli Maharram

AMİA M. Fuzuli Elyazmalar Enstitüsü

hacigedirli@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4134-2803

ÖZET

Tarihin, dolayısıyla Azerbaycan tarihinin karanlık sayfalarının öğrenilmesinde kaynakların çok önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Kaynaklar vasıtasıyla ülkemizin toprakları, nüfus sayısı, etnik kökeni, dini aidiyeti, yapısı ve uğraş alanları hakkında bilgi edinebiliriz. Azerbaycan tarihinin çeşitli dönemlerine ışık tutabilecek belgeler, birçok yabancı ülkenin arşivlerinde muhafaza edilmektedir. Bu belgeler arasında "mufassal defterler" özellikle belirtilebilir. Bu belgelerden biri de "Nahçıvan Eyaletinin Mufassal Defteri"dir. Bu mufassal defter, 18. yüzyılda Nahçıvan Eyaletinin Osmanlı yönetimi altında olduğu dönemi yansıtmaktadır. 1727 yılına ait bu mufassal defter vasıtasıyla Nahçıvan'ın o dönemdeki idari-mülki yapısı, şehirleri, nüfusunun sayısı ve bileşimi, ekonomisi, vergi türleri vb. hakkında ayrıntılı bilgi edinebiliriz. Osmanlı ve Safevi devletlerinin sınırlarında yer alan Nahçıvan, 16-18. yüzyıllarda Osmanlıların askeri-stratejik çıkar alanına girmiş ve aynı zamanda iki devlet arasında bir savaş alanı haline gelmiştir. Sultan Süleyman döneminde Safevi devletine karşı düzenlenen askeri harekatlarda temel hedef Nahçıvan topraklarını ele geçirmektir. Osmanlı kaynaklarında bu seferler "Nahçıvan seferleri" olarak adlandırılmıştır. "Nahçıvan Eyaletinin Mufassal Defteri" 1988 yılından itibaren yayına hazırlanmaya başlanmış, ancak "Karabağ sorunu"nun şiddetlenmesi nedeniyle yarım kalmıştır. Yazarlardan biri olan Ziya Bünyadov Karabağ tarihiyle ilgili kaynakları ve dönemin sosyo-politik sorunlarına dair makaleleri basında yayımlamaya başlarken, diğer yazar Hüsameddin Memmedov ise "Gence-Karabağ Eyaletinin Mufassal Defteri"ni yayına hazırlamaya başlamıştır. "Nahçıvan Eyaletinin Mufassal Defteri" üzerindeki çalışmalar Haziran 1991'de yeniden başlamış ve aynı yılın Ekim ayında tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Azerbaycan, Nahçıvan, Osmanlı Devleti, "mufassal defter", vergi, idari-mülki bölünme.

"THE DETAILED REGISTER OF THE NAKHCHIVAN PROVINCE" – AS A SOURCE IN THE STUDY OF AZERBAIJANI HISTORY ABSTRACT

It is known that sources play a very important role in the study of history, including the dark pages of Azerbaijani history. Through sources, we can obtain information about the territory of our country, the number of its population, its ethnic origin, religious affiliation, composition,

and occupation. Documents that can shed light on the history of Azerbaijan from various periods are kept in the archives of many foreign countries. Among these documents, one can mention the “detailed registers”. One of these documents is the “Detailed Register of the Nakhchivan Province”. This detailed register reflects the period when the Nakhchivan Province was under Ottoman rule in the 18th century. Through the detailed register dating back to 1727, we can obtain detailed information about the territorial-administrative system of Nakhchivan at that time, its cities, the number and composition of its population, economy, types of taxes, etc. Nakhchivan, located on the borders of the Ottoman and Safavid states, entered the military-strategic interests of the Ottomans during the 16th-18th centuries and also became a battleground between the two states. During the military operations against the Safavid state during the reign of Sultan Suleiman, the goal was to seize the territory of Nakhchivan. In Ottoman sources, these trips were called “Nakhchivan trips”. “Detailed register of the Nakhchivan province” was prepared for publication starting in 1988, but it remained unfinished due to the aggravation of the “Karabakh problem”. One of the authors - Ziya Bunyadov - began to publish sources related to the history of Karabakh and articles on the socio-political problems of the day in the press, while the other author - Husameddin Mammadov - began to prepare “Detailed register of the Ganja-Karabakh provinces” for publication. Work on the "Detailed Register of the Nakhchivan Province" resumed in June 1991 and was completed in October of that year.

Keywords: Azerbaijan, Nakhchivan, Ottoman state, “detailed notebook”, tax, territorial-administrative division.

GİRİŞ

At the beginning of the 18th century, the Safavid state was once again experiencing a deeper and more comprehensive decline. (Mustafazadeh, 2002:9) The rebellions that broke out in the Safavid state, the Afghan invasions, and Peter's campaigns further aggravated the situation. All of this resulted in the intensification of the rivalry between the Ottoman Empire and Russia for the South Caucasus, primarily for Azerbaijan. In 1723, Turkish soldiers occupied the South Caucasus and a large part of southern Azerbaijan without encountering any resistance. (Aliyev, 2007: 24)

According to the treaty signed on June 13 (24), 1724, the Ottoman Empire gained the right to control most of Azerbaijan, while also having to agree to the transfer of Baku, Derbent, and other Caspian areas to Russia. (Mustafazadeh, 2002, p. 30) Peter I's regiments took Derbent,

Baku, Rasht, and Anzali, while the Ottoman troops occupied Revan, Khoy, Nakhchivan, and Marand. (Nagdaliyev, 2006:16)

Sources on the socio-economic history of the Azerbaijani territories under Ottoman rule at the end of the 16th century (1588-1603) and the beginning of the 18th century (1724-1735) are preserved in the archives of many foreign countries. However, we know how difficult it was to use these sources, as well as to obtain microfilms, during the USSR period. Nevertheless, as a result of the initiatives taken to obtain these documents, in 1984, academician Ziya Bunyadov was able to obtain microfilms of two “detailed registers” dated 1727, kept in the Archives of the Prime Minister’s Office in Istanbul - “Detailed Register of the Ganja-Karabakh Province” and “Detailed Register of the Nakhchivan Province”. (Bunyadov, Mammadov, 1997:5)

Although the “Detailed Register of the Nakhchivan Province” was prepared for publication since 1988, it remained unfinished due to the aggravation of the “Karabakh problem”. One of the authors - Ziya Bunyadov - began publishing sources related to the history of Karabakh and writing articles on the socio-political problems of the day, while the other author - Husameddin Mammadov - began preparing the “Detailed Register of the Ganja-Karabakh Provinces” for publication. Work on the “Detailed Register of the Nakhchivan Province” was resumed in June 1991 and was completed in October of that year. (Bunyadov, Mammadov, 1997:22)

The authors cited the fact that the text was written in one of the most difficult scripts of the Arabic alphabet, the siyaqat, as one of the reasons for the delay in bringing this not very large volume “detailed register” to a wide audience. Since the text occasionally uses a more difficult form of siyaqat, the “broken siyaqat”, it took a long time to prepare the “register” for printing. The difficulty of this script was manifested in the reading of the names of places and taxpayers. When the reading of words that were difficult to read was questioned, they used the (?) sign, and when it was not read at all, they used the (...) sign, and since the name was not clear from the reading of some words, especially personal names, they wrote the transliteration of that name. (Bunyadov, Mammadov, 1997:22) “Detailed Register of the Nakhchivan Province” was published only in 1997 for certain reasons. The book was re-examined by historian Shahin Mustafayev in the context of 150 years of events, taking into account the notes and suggestions based on the recommendation of the great leader Heydar Aliyev, and was published for the second time in 2001 under the editor-in-chief of academician Teymur Karimli.

The study of the “Detailed Registers” provides an opportunity to obtain information about the territorial-administrative division of Nakhchivan at that time, the number of tax-paying

population, the composition of the population, types and volume of taxes.

We would like to bring to your attention some information about the “Detailed Register of the Nakhchivan Province”, which is an important source in the study of the socio-economic history of the Nakhchivan region.

The “Detailed Book” is a census document carried out for the purpose of tax assessment in the financial institutions of the Ottoman Empire and was kept in two copies - one in Istanbul, in the central office, and the other in the territorial-administrative region to which it belonged. In addition, the information provided by the localities to the central registry office on the amount of tax collected was checked based on the “detailed ledger” in Istanbul, and orders were issued regarding the purposes for which and to what extent the funds obtained were to be used in the localities. As it was understood from the “detailed ledger” that the local treasury did not have enough funds for any purpose, it was necessary to allocate the necessary funds from other provinces by decree of the sultan based on the request of the ledgers. This explained the fact that the “detailed ledger” was compiled in two copies.

Like other “detailed registers”, the “Detailed Register of the Nakhchivan Province” was prepared in two copies, and both copies were sent to Istanbul for approval by the Divan. The note in the “detailed register” states: *“İşbu dəftər düstürul-əməl olmaq üzrə dəftəri-xaqaniyyə qeyd və hifz olunmaq buyuruldu. 9 məhərrəm sənə 1140 (27 avqust 1727-ci il) (It was ordered that this book to be recorded and preserved in the “Imperial Register” in order to be put into practice. 9 Muharram 1140 - 27 august 1727)”*. Then, to further indicate that this book was approved, the word “sahha” (“true”) was written. The approved “Detailed Register” could now be considered an official document: before sending one copy of the approved book to the province, a tughra was drawn on the first page of both copies, which included the name of the reigning sultan and the name of his father. The “Detailed Register” for Nakhchivan also contains the tughra of Sultan Ahmed III (1703-1730): There was written “Ahmed shah bin Mehmedkhan, al-muzaffar daima (Ahmed shah bin Mehmedkhan, always a winner)”. (Bunyadov, Mammadov, 1997:5)

Unfortunately, the second copy of the “Detailed Register of the Nakhchivan Province”, which was compiled in two copies, has not yet been found. In general, there are almost no documents and sources related to Azerbaijan in our country. This is due to the fact that our archives and libraries were transported to the territories of colonial states during the occupations, for example, to St. Petersburg during the Paskevich period.

When getting acquainted with the “Detailed Register”, we receive detailed information

about the tax system applied in Nakhchivan during the Ottoman period. The types and volumes of taxes collected are indicated here. For example, the following taxes are mentioned in the book:

Couple tax ("official-çift"), acreage tax ("official-dönüm"), land registry tax ("official-tapu"), deshtibani.

Couple tax was a tax paid by a citizen for the cultivated area he used. The area of the couple changed depending on the productivity of the land. The couple tax was collected once a year in cash.

The acreage tax was paid once a year for the additional area of the allocated cultivated area. The amount of this tax depended on the productivity of the cultivated area.

Citizens paid the land registry tax when they purchased the cultivated area. The amount of this tax also depended on the size of the land. It was determined according to its productivity. However, this tax was not levied when land was passed from father to son.

One of the taxes mentioned in the "Detailed Register" was the "deshtbani" tax. This tax was collected from the owner of the animal for entering someone else's fields and trampling them.

The information collected for the compilation of the "Detailed Register" was first collected and summarized for individual households, then for villages, districts, and counties. (Bunyadov, Mammadov, 1997:18)

First, taxes in kind were recorded for each village. After that, all taxes were recorded sequentially in the "ağça-agcha", which was the monetary unit of that time, and in the "yekun-end" division. Unlike other "detailed ledgers", in the Nakhchivan ledger the final annual revenue of the treasury was recorded not at the end of the information about each district, but at the beginning of the "detailed ledger", in the index of territorial-administrative divisions.

The "Detailed Register" also provides interesting information about the foundations established in different districts of the Nakhchivan province. These were the foundation of the Sultan Murad mosque in the Nakhchivan, Ordubad, and Alinja districts, the foundations of the Seyid Hashim zaviya and the Hazrat Pasha mosque in the city of Nakhchivan, the foundations of the Mirza Ibrahim madrasah in the city of Ordubad, and the foundations of the Khachaparak village mosque, which was subordinate to the Alinja district. (Bunyadov, Mammadov, 1997:10)

These endowments are simple in structure. Each endowment consists of a small introduction, two parts showing the income and expenses of the foundation. The introduction states by whom the foundation was established, or in whose honor, or in what (religious) object.

Then the goods and properties that were endowed are listed, and the income received from them in cash each year is recorded. The foundation's expense breakdown notes the purposes for which the income was spent and in what amount. (Bunyadov, Mammadov, 1997:9)

When compiling the “Detailed Register”, the Ottomans recorded the names of all men over the age of 20, both taxpayers and non-taxpayers, in accordance with the rules of their tax policy. Taxpayers were divided into single (mujarrad) and married (bennak). The elderly, the sick, the disabled, Sayyids and monks were exempt from taxes and notes were made to this effect against their names. As for non-Muslims who were liable to pay taxes, taxes were not collected from them based on their marital status. It was mandatory for Muslims to be registered as married or single. This was because the tax paid by a married person was less than that paid by a single person, which was explained by the fact that single people were given less land. (Bunyadov, Mammadov, 1997:16)

The officials who compiled the “Detailed Register” also wrote down the names of villages where no one lived, and the estimated amount of income to be taken from the cultivated areas was recorded. This process was carried out in order to provide the subjects of the neighboring villages with little or no land to earn a living, pay taxes, and thus increase the treasury income.

The forced migrations resulting from the Ottoman-Safavid wars were one of the most serious problems of this period. The wars that continued throughout the 16th century had a negative impact on the demographic situation of the Nakhchivan region. The resettlement process has reached such a level that the officials who compiled the “Detailed Register” have, after recording the names of the villages that have been left empty, written “no one lives” for them. (Bunyadov, Mammadov, 2001:8) The most important of these data is the information on the number and composition of the population of the Nakhchivan Province. The information provided by the “Detailed Register” regarding tax payers is usually static and reflects the situation of the short period in which it was compiled. (Bunyadov, Mammadov, 2001:8) In this information, we witness changes in the number and composition of the population of Nakhchivan. However, these changes had their own reasons. Thus, during the battles waged by the Ottomans for the Nakhchivan Province, the local civilian population massively left their villages and migrated to neighboring provinces that the Ottomans had not captured. The “Detailed Notebook of the Iravan Province” dated 1590 shows that mass migrations were mainly from the Nakhchivan Province. During this period, the population of 269 out of 393 settlements in 17 districts of the Nakhchivan Province (i.e. 68.5%) left their places. (Bunyadov, Mammadov, 2001:8)

The situation in 1727 was significantly different from the situation at the end of the 16th century. It is true that during this period the rural population was also subjected to forced migrations, but this process did not occur on a massive scale at the end of the 16th century. Out of 326 settlements in the Nakhchivan Province at that time, only 87 (26.7%) had left their places.

In some of the notes in the “Detailed Register”, the reason for the mass migrations is explained as follows: the scribes who recorded some villages as “mazraa” indicated that the people who had lived in that village before the Ottomans were Gızılbaş (Shiites), and stated that they had left their villages and would never return. Such notes were made for the villages of Shahyurdu, Erdish, Karakoluk and Sally in the Daralayaz district. According to Shahin Mustafayev, the people of other abandoned villages of the Nakhchivan Province must have migrated for the same reason, because it would not be very convincing to say that Shiites lived in only 4 villages in the Nakhchivan Province. In any case, even if we take the population of the 86 settlements that had left their homelands as a minimum of 20% of the tax payers in 1727, Muslims in the Nakhchivan Province would have constituted approximately 70% of the population at the beginning of the 18th century. (Bunyadov, Mammadov, 2001:9)

According to the detailed registers of the Nakhchivan Province dated 1727 and the Iravan Province dated 1728, 51.5 percent of the 11,792 people were Muslims, and 48.5 percent were non-Muslims (gebran). At the same time, if we add the administrators and military personnel from the Muslim population of the Nakhchivan Province at that time, we can see that the ratio in the ethnic-religious composition will change in favor of the Muslim population. At the same time, both the data from the “Detailed Register” we mentioned and the narrative sources show that the Muslim population constituted the majority in the Nakhchivan Province throughout the 16th-18th centuries. The data once again show that the vast majority of the Nakhchivan population was Turkish-Muslim. (Bunyadov, Mammadov, 2001:9)

Regarding the mentioned issue, Ismayıl Hacıyev writes in his article “The Detailed Register of the Nakhchivan Province” as an Important Source for Studying the History of Nakhchivan: Non-Muslims also lived in the province. “The Detailed Registers” indicate that from 1 to 9 non-Muslims lived in some of the villages of different districts. As can be seen from the list of those subject to taxation, there were also Armenians, Kurds, and Firangs in the territory of the Province. Non-Muslims, ethnic-national groups formed a minority. “The Detailed Register” contains sufficient facts against the hated Armenians who made groundless territorial claims against Nakhchivan. Thus, the names of the villages inhabited by non-Muslims are mainly of Azerbaijani origin. For example, Gazanchi, Chenab, Deresham, Bashkend, Azadjiran,

Arpa, Jiva, Alayaz, Ustun, Garagaya, Gelenchevir, Yukhari Aylis, Ashagi Aylis, etc. Non-Muslims came to these places, mainly mountain and foothill villages, in the name of seasonal work, and after providing themselves with a settled life, they gradually concentrated in more suitable villages. In 1727, the villages where two or three non-Muslims settled were mainly the Sisyan and Deresham districts of the province. Then, gradually, they gathered in several mountain and foothill villages of the Karabakh, Gulaghat, Deresham and Azadjiran districts and began to engage in trade, crafts, and agriculture. (Hajiyev, 2012:14-15)

As it is known, during the occupations, in connection with the application of taxes and duties to the territories captured, a new territorial-administrative division was carried out, and a census of the tax-paying population and lands was carried out. Therefore, before compiling the 302-page “Detailed Register of the Nakhchivan Province”, the Ottomans had already determined the territorial-administrative division that existed before them, and clarified the borders and names of these divisions. According to the opinions of the late Z. Bunyadov and H. Mammadov, since under the Ottoman administration, changes were usually not made in the territorial and administrative division of newly conquered lands, the division given in the “Detailed Register” could have existed during the Safavid era.

During the second edition, Shahin Mustafayev wrote the following thoughts regarding the administrative division of Nakhchivan during the Ottoman period: according to the “Detailed Register”, at the end of the 16th century, the Nakhchivan province consisted of the district of the same name and the districts of Agjagala, Mavaziyi-Khatun, Mulki-Arslanli, Karabakh, Deresham, Dereshahbuz, Bazarchay, Sharur, Zar, Zabil, Alinja, Sisyan, Azadjiran, Ordubad, Shorlut and Daranurgut. In the 1820s, the Ottomans created the Ordubad Province in the territory of the Nakhchivan Province, along with the Nakhchivan Province. However, it is likely that this province existed temporarily in 1724-1726, and on the eve of the completion of the “Detailed Register” for Nakhchivan, it was not considered expedient to maintain the Ordubad province, and the territory it covered was included in the Nakhchivan Province. In addition, when the Ottomans compiled a separate “Detailed Register” for the Nakhchivan Province, the districts of Zar, Zabil and Sharur were removed from the Nakhchivan Province and merged into the Iravan province. At the same time, the districts of Ordubad, Bazarchay and Agjagala were abolished, and new districts called Sair Mavazi, Qishlagat and Daralayaz were created. Thus, as a result of the changes made by the Ottomans to the territory and administrative division of the Nakhchivan Province, 14 districts (Nakhchivan, Alinja, Sair Mavazi, Dareshahbuz, Mulki-Arslan, Mavaziyi-Khatun, Karabakh, Qishlagat, Darelayaz) remained in the administrative division of this region.

(Bunyadov, Mammadov, 2001:8)

In the article “16th and 18th Centuries in the Ottoman Administration of Nakhchivan Province”, the names of some of the 14 districts are given slightly different. Deresham-Derecham, Derenurgut - Derenorkut, and Azadjiran are given as Azad-Ceyran. The Nakhchivan Province, consisting of 315 settlements (the second edition compiled by Sh. Mustafayev shows 326 settlements), was located in a very large area. (Bilge, 2017:63)

When determining the locations of the settlements, it became clear that the Nakhchivan Province included the vast majority of its present-day territory, as well as the territories of the regions bordering Armenia. These included the southeastern part of the Ararat region, the entire Yekhegnadzor region, half of the Chermuk region, a large part of the Sisian region, and several residential areas of the region, including Mehri, which were subordinate to the Nakhchivan Province.

Conclusion

The “Detailed Register” is of great importance for our history today. In our modern Azerbaijan, which was divided into two parts in the first half of the 19th century according to the Gulistan and Turkmenchay Treaties, and after the city of Mehri, which connected Nakhchivan with Azerbaijan, was donated to Armenia in 1929 by Levon Mirzoyan, the First Secretary of the Central Committee of the Communist Party of Azerbaijan, the investigation of the past of our historical territories is of great importance in the context of the return of Karabakh to Azerbaijan. Based on the “Detailed Register of the Nakhchivan Province”, we witness how important Nakhchivan is in our modern statehood. Otherwise, Nakhchivan would not have been at the center of the conflict in the Ottoman-Safavid relations in the 16th-18th centuries. Even the 1925 USSR-Turkey treaty signed in the 20th century highlights how important Nakhchivan is as a geopolitical issue, even today. We believe that the study of “Detailed Registers” is of great importance in terms of studying the historical geography of Nakhchivan and in-depth investigation of the problems that have arisen around the ancient Azerbaijani lands today.

REFERENCE LIST

1. Bilge, S.M. 2017. Nakhchivan Sanjak under Ottoman Administration in the 16th and 18th Centuries.// VAKANÜVİS- International Journal of Historical Researches, Vol. 2, Special Issue on Caucasia ISSN: 2149-9535
2. Bunyadov, Z., Mammadov, H. 1997. Detailed Register of the Nakhchivan Sanjak. Baku, "Sabah".
3. Bunyadov, Z., Mammadov, H. 2001. Detailed Register of the Nakhchivan Sanjak. 2nd edition. Baku, "Elm".
4. Aliyev, F., Aliyev, M. 2007. Nakhchivan Khanate, Baku, "Sharq-Garb".

5. Hajiyeu, I. 2012. News of ANAS Nakhchivan Section – Social and Human Sciences Series, 1, pp. 11-19
6. Mustafazadeh, T. 2002. Ottoman-Azerbaijani Relations in the 18th Century – Early 19th Century, Baku – "Elm".
7. Nagdaliev, F. 2006. Khans of Nakhchivan in the Russian Empire, Moscow, - "Novy Argument".

YAPAY ZEKA DESTEKLİ ETKİNLİKLERLE YABANCI DİL OLARAK FRANSIZCADA GÜNDELİK DİL VE ARGO ÖĞRETİMİ

Dr. Öğretim Üyesi Gizem KÖŞKER

Anadolu University, Faculty of Education, Department of Foreign Language Education, 26470
Şirintepe, Eskişehir

ORCID ID: 0000-0002-0115-9756

ÖZET

Yabancı dil olarak Fransızca öğretiminde öğrenciler çoğu zaman ders kitaplarında yer alan ölçülü, sistematik dil ile günlük yaşamda karşılaşılan konuşma dili arasındaki farkı anlamakta zorluk yaşamaktadır. Özellikle argo ifadeler, kısaltmalar ve bağlama göre değişen hitap biçimleri, iletişim sırasında çeşitli anlam kayıplarına ve yanlış kullanımlara yol açabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ destekli araçların gündelik Fransızcanın öğretiminde nasıl işlevsel ve bağlama uygun biçimde kullanılabileceğini tartışmaktır. Çalışmada, üretken yapay zeka tabanlı sohbet araçları, konuşma tanıma uygulamaları ve ses üretim sistemleri kullanılarak geliştirilebilecek bir öğretim tasarımı önerilmektedir. Önerilen tasarım üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada öğrenciler, farklı yaş gruplarına, iletişim ortamlarına ve ilişki biçimlerine göre hazırlanmış kısa diyalogları incelemektedir. İkinci aşamada yapay zekadan aynı iletinin resmî, samimi ve argo kullanıma yakın biçimlerde yeniden üretilmesi istenmekte; öğrenciler bu örnekler arasındaki sözcük, ton ve uygunluk farklarını karşılaştırmaktadır. Son aşamada ise öğrenciler, yapay zeka ile rol oynama etkinliklerine katılarak kafe, üniversite, toplu taşıma, arkadaş buluşması veya çevrim içi yazışma gibi durumlarda dil üretmektedir. Bu süreçte öğretmen, yalnızca doğru ifadeyi göstermemekte, hangi sözün kim tarafından, nerede ve hangi amaçla kullanılabileceğini de açıklamaktadır. Etkinliklerin sonunda öğrencilerden, seçtikleri ifadeleri neden uygun bulduklarını kısa bir yansıtma metniyle açıklamaları istenmektedir. Böylece sözcük bilgisinin yanında söylem farkındalığı da değerlendirilebilmektedir. Bu yaklaşımın temel katkısı, öğrencilerin yalnızca yeni sözcükler öğrenmesini değil, dilsel seçimlerin toplumsal anlamını fark etmesini sağlamasıdır. Bununla birlikte yapay zeka çıktıları bölgesel, kuşaksal veya kültürel çeşitliliği her zaman doğru yansıtmayabilir. Bu nedenle örneklerin öğretmen tarafından denetlenmesi, aşağılayıcı ve ayrımcı kullanımların ayıklanması ve öğrencilerin her gündelik ifadenin her ortamda uygun olmadığını öğrenmesi gerekmektedir. Çalışmada, ayrıca bu tasarımın sınıf içi uygulama adımları, öğretmenin sorumlulukları ve öğrenci ürünlerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek ölçütler ele alınacaktır.

Anahtar kelimeler: Yabancı dil olarak Fransızca, gündelik dil, argo öğretimi, yapay zeka, toplumdilbilimsel yeterlik

FRENCH AS A FOREIGN LANGUAGE THROUGH AI-ENHANCED ACTIVITIES TEACHING EVERYDAY LANGUAGE AND SLANG

ABSTRACT

When learning French as a foreign language, students often struggle to understand the difference between the formal, systematic language found in textbooks and the spoken language encountered in daily life. In particular, slang expressions, abbreviations, and forms of address that vary depending on context can lead to various losses of meaning and misuse during communication. The aim of this study is to discuss how AI-supported tools can be used in a functional and context-appropriate manner in the teaching of everyday French. The study proposes an instructional design that can be developed using generative AI-based chatbots, speech recognition applications, and speech synthesis systems. The proposed design consists of three stages. In the first stage, students examine short dialogues prepared according to different age groups, communication settings, and relationship types. In the second stage, students ask the AI to reproduce the same message in formal, informal, and slang-like styles; they then compare the differences in vocabulary, tone, and appropriateness among these examples. In the final stage, students engage in role-playing activities with the AI to produce language in situations such as a café, university, public transportation, a meeting with friends, or online messaging. During this process, the teacher does not merely point out the correct expression but also explains which words can be used by whom, where, and for what purpose. At the end of the activities, students are asked to explain why they found the expressions they selected to be appropriate in a short reflective essay. In this way, discourse awareness can be assessed alongside vocabulary knowledge. The key contribution of this approach is that it ensures students not only learn new words but also recognize the social significance of linguistic choices. However, AI outputs may not always accurately reflect regional, generational, or cultural diversity. Therefore, it is essential for teachers to review the examples, filter out derogatory and discriminatory uses, and ensure that students learn that not every everyday expression is appropriate in every context. This study will also address the steps for implementing this design in the classroom, the teacher's responsibilities, and the criteria that can be used to evaluate student work.

Keywords: French as a foreign language, everyday language, slang instruction, artificial intelligence, sociolinguistic competence

1. GİRİŞ

Bir yabancı dil öğrencisinin dilbilgisi bakımından doğru ve kurallı bir cümle kurması her zaman etkili bir iletişim kurmak değildir. Dili dilbilgisi açısından doğru kullanmasına rağmen, bulunduğu ortamda yine de tuhaf, fazla resmi ya da kaba olarak algılanabilir. Yabancı dil olarak Fransızca bu durum özellikle konuşma dilinde sık yaşanmaktadır. Derslerde çoğunlukla kurallı ve ölçülü örnekler ele alınmaktadır. Buna karşın gerçek yaşamda geçen gündelik konuşmalarda, derslerde görülenden farklı kısaltmalar, bazen argo ifadeler veya hitap biçimine göre değişen kullanımlar yer almaktadır. Bu kullanımlarda konuşan kişinin yaşı, karşısındaki kişiyle ilişkisi, ortam, amaç ve bölgesel özellikler dil seçimini belirlemektedir. Bu nedenle gündelik dil öğretimi, öğrenciye birkaç popüler sözcük ezberletmekten ziyade çok daha geniş bir toplumdilbilimsel farkındalık gerektirmektedir.

Argo ile gündelik konuşma dili birbirinden farklı kavramlardır. Ancak gerçek yaşamdaki doğal iletişim durumlarında birbirleriyle yakın ilişki içerisinde. Gündelik dil, resmi olmayan iletişimde sık kullanılan sesbilimsel, sözcüksel ve dilbilgisel biçimleri kapsamaktadır. Argo ise belirli yaş, meslek, çevre ya da aidiyet gruplarıyla ilişkilenen, kimi zaman kısa ömürlü ve güçlü çağrışımlar taşıyan söz grubudur. Bu sözcüklerin anlamını bilmek, onları her yerde kullanabilmek anlamına gelmemektedir. Öğrencinin bir ifadeyi doğru tanıması, bu ifadeyi kimin söylediğini anlaması ve bu ifadenin kendisi için uygun olup olmadığına karar vermesi, bazen karşısındakine genel bir cevap vermesinden daha önemlidir.

Bu kapsamda, Diller için Avrupa Ortak Başvuru Metni Tamamlayıcı Cilt, ileri düzey dil kullanımını yalnızca dilbilgisel doğruluk üzerinden tanımlamamaktadır. Bir başka ifadeyle, farklı dil düzeylerini fark etme, deyimler ve gündelik ifadeleri anlama, toplumsal ilişkilere uygun ifadeleri seçme ve gerektiğinde söylemi yeniden düzenleme de iletişimsel yeterliğin parçasıdır (Avrupa Konseyi, 2021). Yabancı dil olarak Fransızca öğretimi ile ilgili çalışmalar da sınıf ortamındaki öğrencilerin resmi biçimleri daha sık kullandığını, doğal etkileşimde yaygın olan ifadeleri ise sınırlı biçimde öğrendiğini göstermektedir (Dewaele, 2004). Bilgisayar desteği ile Fransızca kullanımı etkileşimini inceleyen van Compernelle ve Williams (2009), başlangıç ve orta seviye öğrencilerin gündelik ifadeleri az kullandığını, daha ileri seviyedeki öğrencilerin doğal kullanıma daha fazla yaklaşırsalar da konuşmayı bütünüyle yakalayamadığını belirtmiştir. Bu bulgular, gündelik dilin tesadüfen öğrenilmesini beklemek yerine, dil öğretimi sürecinde planlı ve sistematik biçimde ele alınması gerektiğini desteklemektedir.

Üretken yapay zeka bu noktada iki açıdan öne çıkmaktadır. İlk olarak, üretken yapay zeka, aynı iletiyi farklı tonlarda yeniden oluşturabilir ve öğrenciye kısa süre içinde çok sayıda

karşılaştırılabilir örnek sunabilir. İkinci olarak da, öğrencinin konuşacak birini bulamadığı durumlarda senaryoya dayalı etkileşim sağlayabilir. Dil öğreniminde sohbet robotlarını inceleyen çalışmalar, bu araçların tekrar, kişiselleştirilmiş etkileşim ve düşük baskılı konuşma denemeleri için yararlı olabileceğini, buna karşılık teknolojik sınırlılık, bilişsel yük ve yüzeysel etkileşim gibi sorunların göz ardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Huang et al., 2022). Üretken yapay zeka özelinde Kohnke et al. (2023), dil öğretiminde metin üretme, açıklama, geribildirim ve konuşma pratiği gibi artılarına dikkat çekerken öğretmen ve öğrencinin dijital yeterlik geliştirmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu artılar, yapay zekanın ürettiği çıktıyı tamamen doğru kabul etmek anlamına gelmemektedir. Yapay zeka araçları, bazen olmayan bir ifadeyi yaygınmış gibi gösterebilir, bölgesel bir kullanımı bütün Fransızca konuşurlarına genellebilir veya hakaret içeren bir sözü yeterli uyarı vermeden önerebilir. Eğitim alanındaki hızlı derlemeler, üretken yapay zekanın yararlı öğretim desteği sunabildiğini ancak yanlış bilgi üretme ve kaynakları uydurma riskinin sürdüğünü göstermektedir (Lo, 2023). Holmes ve Miao (2023) da insan merkezli kullanım, veri gizliliği, yaşa uygunluk ve pedagojik doğrulama ilkelerini öne çıkarmaktadır. Bu nedenle gündelik dil öğretiminde asıl soru, yapay zekanın kullanılıp kullanılmaması değil, bu aracın hangi görevle, hangi sınırlar içinde ve kimin denetiminde kullanılacağıdır.

Bu çalışmanın amacı, yabancı dil olarak Fransızca derslerinde gündelik dil ve argo öğretimine yönelik yapay zeka destekli bir uygulama modeli geliştirmektir. Bu amaca ulaşmak için aşağıdaki iki soruya yanıt aranacaktır:

1. Üretken yapay zeka öğrencinin kayıt, bağlam ve toplumsal anlam arasındaki ilişkiyi fark etmesini nasıl destekleyebilir?
2. Yanlış, ayrımcı veya bağlama uymayan çıktıların öğretim sürecine taşınmasını önlemek için hangi öğretmen denetimleri gereklidir?

Bu sorular doğrultusunda önerilen model, öğrenciyi argo kullanan bir konuşucuya dönüştürmeyi değil, duyduğu ifadeyi anlayabilen, kullanım sınırını görebilen ve uygun kullanıma bilinçli biçimde geçebilen bir dil kullanıcısı yetiştirmeyi amaçlamaktadır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışma, saha verisine dayalı deneysel bir araştırma değildir. Fransızcada toplumdilbilimsel çeşitlilik kazanımı, sohbet robotlarıyla dil öğrenimi ve üretken yapay zekanın eğitimde kullanımı üzerine seçilmiş çalışmaların kavramsal olarak bir araya getirildiği tasarım odaklı bir incelemedir. Kaynaklar dört başlık altında toplanmıştır. Öncelikle gündelik biçimlerin dil öğretimindeki yeri, ikinci olarak bağlama göre dil düzeyi seçimi, üçüncü olarak yapay zekanın

etkileşim ve geribildirim olanakları ve son olarak etik ve pedagojik denetim temel alınmıştır. Bu başlıklar temel alınarak, öğretim tasarımı yönlendiren beş bulgu belirlenmiştir.

İlk bulguya göre, öğretimde sözcükler tek başına değil, kullanıldıkları cümle ve durumla birlikte ele alınmalıdır. Örneğin, *J'en ai marre* ifadesini yalnızca “bıktım” karşılığıyla vermek yetersizdir. Öğrenci kimin konuştuğunu, yakınlık düzeyini, konuşmanın nerede geçtiğini ve ifadenin ne kadar güçlü olduğunu da bilmelidir. Aynı şekilde, *C'est relou* ifadesi gündelik yaşamda gençler arasında anlaşılır olabilir, ancak resmi bir görüşmede, yeni tanışılan bir kişiyle gerçekleştirilen bir konuşmada veya farklı kuşaklardan konuşucuların olduğu bir ortamda uygun olmayabilir. Bu nedenle yapay zekaya yalnızca “Fransızca argo örnekleri ver” gibi fazlasıyla genel bir komut verilmesi her zaman uygun olmamaktadır. İyi yapılandırılmış bir görev, konuşucuların yaşını, birbirleriyle ilişkisini, konuşma ortamını, iletişim amacını ve kaçınılması gereken içerikleri açıklamalıdır. Örnek vermek gerekirse “İki üniversite öğrencisinin ders çıkışında iptal edilen bir plan hakkında konuştuğu, hakaret içermeyen, Fransa’da anlaşılabilir kısa bir diyalog yaz; her gündelik ifadenin yanına tarafsız karşılığını da ekle” biçimindeki bir komut, rastgele sözcük listesinden çok daha öğretici ve işlevseldir.

İkinci bulgu, karşılaştırmanın tek bir “doğru cevap” arayışından daha değerli olduğudur. Öğrenciler aynı iletinin dört ayrı dil düzeyinde gösterildiği bir tablo üzerinde çalışabilir. Örneğin bir buluşmayı erteleme amacı resmi biçimde *Je souhaiterais reporter notre rendez-vous*, yansız biçimde *Je voudrais déplacer notre rendez-vous*, samimi biçimde *On peut remettre ça à demain?* ve daha gündelik biçimde *On décale à demain?* şeklinde kurulabilmektedir. Burada amaç en argo seçeneği öne çıkarmak değildir. Burada temel olarak, öğrenciden hangi seçeneğin bir öğretim elemanına, yakın arkadaşına, yeni tanışılan kişiye veya grup mesajına uygun olduğunu gerekçelendirmesi beklenmektedir. Kullandığı dil düzeyini değiştirmeye çalışması, öğrencinin yalnızca anlamı değil, aynı zamanda sosyal mesafeyi ve söylemin etkisini de anlamasını sağlamaktadır. Bu yaklaşım, Diller için Avrupa Ortak Başvuru Metni Tamamlayıcı Cilt’te verilen toplumdilbilimsel uygunluk ve dil düzeyi farkındalığı hedefleriyle uyumludur (Avrupa Konseyi, 2021).

Üçüncü bulguya göre, öğrenciler ifadeleri kullanmaya başlamadan önce onları anlamayı öğrenmelidir. Öğrenci her argo ifadeyi kullanmak zorunda değildir; ancak filmde, sosyal medyada ya da gündelik konuşmada duyduğunda temel anlamı ve olası tonunu ayırt edebilmelidir. Bu nedenle uygulamanın ilk aşamasında öğrenciler yapay zeka tarafından üretilen ve öğretmen tarafından denetlenen kısa diyalogları inceleyebilirler. Bu şekilde metindeki gündelik biçimleri belirler, karşılıklarını yazar ve konuşucular arasındaki ilişkiyi

tahmin edebilirler. *Je sais pas* örneğinde ne parçacığının düşmesini, *On va* örneğinde *nous* yerine *on* kullanımını, *t'as* ve *j'suis* gibi biçimlerde ses ve yazı kısalmasını fark edebilirler. Ardından aynı biçimin yazılı sınavda, arkadaş mesajında ve sözlü sunumda kullanılıp kullanılamayacağını tartışabilirler. Dewaele'nin (2004) işaret ettiği resmi ve gündelik dil kullanımı ayrımı böylece Fransızca yabancı dil öğretimi sürecinde soyut bir konu olmaktan çıkar ve görünür örnekler üzerinden ele alınabilir.

Dördüncü bulguya göre, kontrollü rol yapma etkinlikleri öğrencilerin dili daha rahat kullanmasına yardımcı olabilir. İkinci aşamadaki karşılaştırmadan sonra öğrenci yapay zeka ile kısa konuşmalar yapabilecek aşamaya gelir. Senaryolar kahve siparişi, kampüste yol sorma, geciken bir arkadaşla konuşma, toplu taşımada yaşanan küçük bir sorun veya grup sohbetinde plan yapma gibi gündelik durumlardan seçilebilir. Bunu yaparken yapay zekaya rolü, konuşma hızı, kullanılabilecek dil düzeyi ve öğrencinin dil seviyesine göre açıklama yapma biçimi önceden verilmelidir. Sistem, öğrenci anlamadığında aynı cümleyi daha tarafsız bir Fransızca ile yeniden söyler; doğrudan Türkçeye geçmek yerine bağlam içi açıklama sunar. Dil öğreniminde sohbet robotları üzerine yapılan sistematik inceleme, konuşma fırsatı ve tekrar olanağının önemli bir yarar olduğunu; ancak etkinliğin belirli öğrenme hedeflerine bağlanmadığında yüzeysel kalabildiğini göstermektedir (Huang et al., 2022). Bu nedenle rol oyununun başında hedef ifadeler, sonunda ise kısa bir öz değerlendirme bulunması yararlıdır. Beşinci bulgu, öğretmen denetiminin etkinliğin sonundaki düzeltmeye indirgenemeyeceğidir. Öğretmen önce kullanılacak ifadeleri seçer, ardından yapay zeka çıktılarının gerçeklik ve uygunluk kontrolünü yapar. Bölgesel, kuşaksal veya ayrımcı anlam taşıyan sözler açıkça belirlenir. Öğrenciye cinsiyetçi, ırkçı, sınıfsal ya da engellilik üzerinden aşağılayıcı ifadeler “otantik dil” gerekçesiyle kullandırılmaz. Böyle bir söz metinde geçiyorsa üretim amacıyla değil, ancak tanıma ve eleştirel çözümleme amacıyla ele alınabilir. Ayrıca öğrencilerden kişisel bilgilerini, gerçek adlarını, telefon numaralarını veya özel yazışmalarını yapay zeka sistemine girmemeleri istenir. Bu yaklaşım, Holmes ve Miao'nun (2023) insan merkezli, güvenli ve pedagojik açıdan doğrulanmış kullanım önerileriyle örtüşmektedir.

Bu bulgulara dayanarak Fransızca yabancı dil öğretimi süreci için üç aşamalı bir ders akışı önerilmektedir. Birinci aşama “fark et ve sınıflandır” çalışmasıdır. Öğretmen A2 seviyesinde kısa ve anlaşılır, B1 ve üzerindeki seviyelerde ise daha doğal hız ve çeşitlilik içeren diyaloglar sunar. Öğrenciler ifadeleri ölçülü, tarafsız, samimi ve argo olarak sınıflandırır. Keskin sınırlar bulunmadığında tek bir etiket dayatılmaz; farklı yorumlar ortaya çıkarsa bunların gerekçesi tartışılır. Öğrenciler ayrıca ifadenin Fransa, Belçika, İsviçre, Québec veya başka bir Fransızca

konusulan çevreye özgü olup olmadığını araştırır. Yapay zekadan alınan bölgesel bilgi, güvenilir sözlük, derlem ya da öğretmen bilgisiyle doğrulanır.

İkinci aşama “yeniden söyle ve karşılaştı” çalışmasıdır. Öğrenciler aynı amacı taşıyan bir iletinin dil düzeyini değiştirir. Yapay zeka ilk taslakları üretebilir; fakat öğrenci her sürümün tonunu açıklamak ve sorunlu noktaları düzeltmek zorundadır. Örneğin “Beni rahat bırak” iletisi *Laissez-moi tranquille, Laisse-moi tranquille, Lâche-moi* ve *Fous-moi la paix* biçimlerinde aynı sertlikte değildir. Öğrenci, son iki ifadenin daha güçlü ve çatışmacı duyulabileceğini fark eder. Ardından bu sözlerden birini daha yumuşak hâle getirmek için *s’il te plaît, j’ai besoin d’un peu de calme* veya *on en parle plus tard* gibi seçenekler üretir. Böylece çalışma argo üretmenin yanında söylemi onarma ve gerilimi azaltma becerisine de yönelir.

Üçüncü aşama “rol oyna ve gerekçelendir” çalışmasıdır. Öğrenci yapay zeka ile iki ya da üç dakikalık bir etkileşim yürütür. Konuşma sonrasında üç ifade seçer ve her biri için şu soruları yanıtlar: Bu ifade ne anlama geliyor? Hangi ilişki içinde uygun? Daha tarafsız karşılığı nedir? Yanlış anlaşılırsa nasıl düzeltilir? Bu noktada öğretmen değerlendirmeyi dört ölçüte dayandırabilir. İlk olarak anlamı doğru kavrama, ikinci olarak bağlama uygun kayıt seçimi, üçüncü olarak muhabata duyarlılık ve son olarak seçimlerini açıklayabilme. Dilbilgisel doğruluk da bu ölçütlere eklenir, ancak tek başına belirleyici olmaz. Bu değerlendirme biçimi, öğrencinin yapay zekadan aldığı metni kopyalamasını değil, dilsel kullanım tercihini fark etmesini sağlar.

Bu çerçevede, yapay zekaya verilecek komutun da öğretim hedefi kadar açık olması gerekmektedir. İşlevsel ve etkili bir komut dört parçadan oluşabilir. Önce öğrencinin seviyesi ve dersin amacı belirtilir. Ardından konuşucuların kim olduğu, aralarındaki yakınlık ve iletişim ortamı tanımlanır. Üçüncü bölümde kullanılabilecek dil düzeyi ile birlikte kaçınılacak ifadeler açıklanır. Son bölümde ise aracın her gündelik söz için daha tarafsız bir karşılık ve kısa kullanım notu vermesi istenir. Öğretmen aynı komutu farklı araçlarda deneyerek ortaya çıkan değişiklikleri de öğrencilere gösterebilir. Bu karşılaştırma, yapay zekanın tek ve değişmez bir dil bilgisine sahip olmadığının anlaşılmasını sağlar. Bu durum, öğrencilere iki çıktı arasındaki farklılıkları inceleyip hangisinin daha güvenilir olduğunu gerekçeleriyle tartışabilme olanağı sunar. Böylece komut yazma, yalnızca teknik bir istem verme işi değil, bağlamı ve öğrenme amacını açıklaştıran bir dil etkinliği haline dönüşür.

Önerilen akış, yaklaşık seksen veya doksan dakikalık bir derse uyarlanabilir. İlk on dakikada öğrencilerin daha önce duyduğu gündelik Fransızca örnekleri toplanır ve doğrudan kullanım önerisi vermeden anlam üzerine tahminler konuşulur. Sonraki yirmi dakikada öğretmen

tarafından doğrulanmış iki kısa diyalog çözümlenir. Yirmi dakikalık karşılaştırma bölümünde aynı ileti farklı dil düzeyleriyle yeniden kurulur. Rol oynama için yirmi beş dakika ayrılır; öğrenciler önce ikili gruplar halinde çalışır, ardından yapay zeka ile kısa bir prova yapar. Son bölümde seçilen üç ifadenin anlamı, tonu, daha tarafsız karşılığı ve olası yanlış anlaşılma riski yazılır. Öğretmen, etkinliği argo kullanım sayısı ile değil, öğrencinin seçimlerini açıklama gücüyle değerlendirir. Bu süreler sınıf büyüklüğüne ve seviyesine göre değişebilir ama önemli olan her üretim aşamasının ardından karşılaştırma ve gerekçelendirme bulunmasıdır.

Modelde yapay zekaya üç ayrı görev verilmektedir. Araç önce örnek üreticisidir; belirlenen bağlam için kısa diyaloglar hazırlar. Daha sonra karşılaştırma ortağıdır; aynı iletinin farklı dil düzeylerini gösterir ve öğrencinin açıklamasına karşı örnek sunar. Son olarak prova arkadaşıdır; öğrencinin düşük baskılı ortamda konuşmayı tekrar etmesini sağlar. Buna karşılık yapay zeka öğretmenin yerini alabilecek bir kaynak, argo sözlüğü veya hakem değildir. Kohnke et al. (2023), üretken sohbet araçlarının dil öğretimindeki yararının kullanıcıların etik ve eleştirel dijital yeterliğiyle bağlantılı olduğunu belirtmektedir. Lo'nun (2023) derlemesinde görülen yanlış bilgi ve uydurma içerik riski de bu sınırlamayı güçlendirmektedir.

Önerilen tasarımın beklenen çıktısı, öğrencinin en fazla argo sözcüğü kullanması değildir. Başarı, bir ifadenin toplumsal anlamını fark etmesi, kendisine uygun olmayan sözü tanıyıp daha güvenli bir seçeneğe geçebilmesi ve konuşma sırasında dil düzeyleri arasındaki değişimini izleyebilmesidir. Bu yaklaşım öğrenciyi tek tip bir “ana dili konuşuru” modeline yaklaştırmaya çalışmaz. Fransızcanın farklı coğrafyalarda ve topluluklarda değiştiğini kabul eder. Yapay zeka örneklerinin de bu çeşitliliği eksiksiz ve hatasız temsil etmeyeceğini açıkça gösterir. Böylece öğrenci, aracın cevabını son söz olarak değil, doğrulanması ve tartışılması gereken bir dil örneği olarak görür.

3. SONUÇ

Fransızca yabancı dil derslerinde gündelik dil ve argo çoğu zaman ya bütünüyle dışarıda bırakılmakta ya da eğlenceli sözcük listeleri biçiminde sunulmaktadır. İlk yaklaşım öğrenciyi gerçek iletişimde karşılaşacağı dil kullanımlarına hazırlamaz. İkincisi ise sözün toplumsal etkisini yok sayar. Yapay zeka destekli öğretim, bu iki uç arasında çalışabilecek bir alan açmaktadır. Aynı iletiyi farklı dil düzeylerinde gösterebilmesi, kısa sürede senaryo üretebilmesi ve öğrenciye tekrar olanağı vermesi sunduğu önemli avantajlardır. Ancak bu yarar, bağlamı açıkça kurulmuş görevler ve sürekli öğretmen denetimi olmadan güvenilir değildir.

Bu çalışmada önerilen model üç basit harekete dayanmaktadır. Bu hareketler; fark etme, karşılaştırma ve bağlam içinde denemedir. Öğrenci önce gündelik dil kullanımı biçimini tanıy,

sonra ölçülü ve tarafsız karşılıklarla kıyaslar, son olarak kontrollü bir rol oyununda kullanmayı veya kullanmamayı seçer. Her aşamada “Bu söz doğru mu?” sorusuna ek olarak “Kim, kime, nerede ve hangi etkiyle söylüyor?” sorusu sorulur. Bu değişiklik, argo öğretimini sözcük bilgisinden toplumdilbilimsel yeterliğe taşımaktadır.

Model henüz sınıf ortamında sınanmamıştır. Bu nedenle öğrenci başarısı, tutum, kalıcılık veya konuşma akıcılığı üzerinde kanıtlanmış bir etkiden söz edilemez. Bir sonraki adım, farklı Fransızca düzeylerinde uygulanacak küçük ölçekli ders tasarımlarını incelemek; yapay zeka çıktılarındaki hataları, öğretmen müdahalelerini ve öğrencilerin dil düzeyi seçimlerini sistemli biçimde çözümlemektir. Böyle bir uygulamada öğrencinin argo üretme sıklığından çok, bağlamı açıklama, daha güvenli ifadeye geçme ve sorunlu çıktıyı fark etme becerileri ölçülmelidir. Yapay zeka bu süreçte dili belirleyen otorite değil, üzerinde düşünülmesini sağlayan geçici bir konuşma ortağı olarak kaldığında eğitimsel değer kazanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Avrupa Konseyi. (2021). *Diller için Avrupa Ortak Başvuru Metni: Öğrenme, öğretme ve değerlendirme: Tamamlayıcı cilt* (S. Çelik, Y. Kırkgöz, D. Çopur, P. İrgin & Ş. Erbay Çetinkaya, Çev.). Millî Eğitim Bakanlığı. (Orijinal eser 2020 yılında yayımlanmıştır)
- Dewaele, J.-M. (2004). The acquisition of sociolinguistic competence in French as a foreign language: An overview. *Journal of French Language Studies*, 14(3), 301–319. <https://doi.org/10.1017/S0959269504001814>
- Huang, W., Hew, K. F., & Fryer, L. K. (2022). Chatbots for language learning—Are they really useful? A systematic review of chatbot-supported language learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 237–257. <https://doi.org/10.1111/jcal.12610>
- Kohnke, L., Moorhouse, B. L., & Zou, D. (2023). ChatGPT for language teaching and learning. *RELC Journal*, 54(2), 537–550. <https://doi.org/10.1177/00336882231162868>
- Lo, C. K. (2023). What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. *Education Sciences*, 13(4), Article 410. <https://doi.org/10.3390/educsci13040410>
- Holmes, W., & Miao, F. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- van Compernelle, R. A., & Williams, L. (2009). Learner versus nonlearner patterns of stylistic variation in synchronous computer-mediated French: Yes/no questions and nous versus on. *Studies in Second Language Acquisition*, 31(3), 471–500. <https://doi.org/10.1017/S0272263109090378>

**MUSİQİ MÜƏLLİMİ HAZIRLIĞINDA ŞİFAHİ ƏNƏNƏLİ PROFESSIONAL
AZƏRBAYCAN MUSİQİSİNİN ÖYRƏNİLMƏSİNİN ƏHƏMİYYƏTİ
THE IMPORTANCE OF LEARNING ORAL TRADITIONAL PROFESSIONAL
AZERBAIJAN MUSIC IN MUSIC TEACHER TRAINING**

Qaribova Arifa Hajibaba kızı

Doctor of Philosophy in Pedagogy, Docent

Azerbaijan State Pedagogical University

Faculty of Arts and Physical Education

Department "Music and technology of its teaching"

Azerbaijan, Baku city, Uzeyir Hajibeyov street, 68

ORCID ID:0001-8059-5566

XÜLASƏ

Məqalədə şifahi ənənəli azərbaycan professional musiqisinin janrları və formaları təhlil olunur. Eləcə də burada qeyd edilir ki, musiqi müəlliminin hazırlığı sistemində şifahi ənənəli Azərbaycan xalq musiqisinin öyrənilməsi tələbələrdə yaradıcı vərdişlərinin formalaşdırılmasına, xalq musiqisinə sevgi hisslərinin aşılmasına, onu dərinlən başa düşmələrinə və quruluşu barəsində bilik almalarına, xalq musiqi nümunələrinin fortepianoda ifa və təhlil etmə bacarığına imkan yaradır. Bu isə nəticədə tələbələrin ümumtəhsil məktəbində uşaqların estetik tərbiyəsi üzrə gələcək fəaliyyətlərində aldığı bilik və bacarıqları uğurla tətbiq etmələrinə şərait yaradır. Məqalənin sonunda belə nəticəyə gəlinir ki, Azərbaycan şifahi ənənəli professional musiqisi Azərbaycan xalqının zəngin irsində mühüm yer tutur. Həm muğam, həm də aşiq sənəti azərbaycan xalqının qəlbi, ürəyi və özülüdür.

Açar sözlər: estetik tərbiyə, muğam, aşiq sənəti

ABSTRACT

The article analyzes the genres and forms of Azerbaijani professional music of the oral tradition. It is also noted here that the study of Azerbaijani folk music of the oral tradition in the system of training a music teacher allows students to form creative habits, instill feelings of love for folk music, to understand it deeply and gain knowledge about its structure, to perform and analyze folk music samples on the piano. This, in turn, creates conditions for students to successfully apply the knowledge and skills they have acquired in their future activities in the aesthetic education of children in secondary schools. At the end of the article, it is concluded that Azerbaijani professional music of the oral tradition occupies an important place in the rich heritage of the Azerbaijani people. Both mugham and ashug art are the heart, soul and essence of the Azerbaijani people.

Key words: aesthetic education, mugham, ashug art

GİRİŞ

Respublikamızda təhsil sahəsində aparılan islahatlar fundamental peşə hazırlığına, ixtisas üzrə zəruri bilik, bacarıq və vərdislərə malik olan müasir müəllimlərin hazırlığını tələb edir. Pedaqoji Universitetdə gələcəyin musiqi müəllimlərinin yetişdirilməsi işində şifahi ənənəli Azərbaycan xalq musiqisinin öyrənilməsi və onun tədrisinin təkmilləşdirilməsi problemi mühüm yerlərdən birini tutur. Ümumilli liderimiz Heydər Əliyev öz çıxışlarının birində demişdir: “Biz çalışmalıyıq ki gənclərimiz Azərbaycan xalqına xas olan mənəvi, milli ənənələri əsasında tərbiyə edilsinlər”. Milli adət-ənənələrimizə hörmət etmək, onu qoruyub saxlamaq milli musiqimizin inceliklərini bilmək, Azərbaycanın görkəmli şəxsiyyətlərini tanımaq ruhunda şagirdləri tərbiyə etmək musiqi müəllimin borcudur. Bunun üçün isə müəllimin özü şifahi ənənəli xalq musiqisini dərinlən bilməlidir.

Musiqi müəlliminin hazırlığı sistemində şifahi ənənəli Azərbaycan xalq musiqisinin öyrənilməsi tələbələrə yaradıcı vərdislərinin formalaşdırılmasına, xalq musiqisinə sevgi hisslərinin aşılmasına, onu dərinlən başa düşmələrinə və quruluşu barəsində bilik almalarına, xalq musiqi nümunələrinin fortepianoda ifa və təhlil etmə bacarığına imkan yaradır ki, bu da nəticədə tələbələrin ümumtəhsil məktəbində uşaqların estetik tərbiyəsi üzrə gələcək fəaliyyətlərində aldığı bilik və bacarıqları uğurla tətbiq etmələrinə şərait yaradır.

ARAŞDIRMA

Hər bir xalqın əsrlər boyu yaratdığı müxtəlif forma və janrları, musiqi nümunələri mövcuddur. Milli musiqi və mədəniyyət tariximizin incəsənət sahəsində qədim köklərə malik ənənələrimizin öyrənilməsi, gənc nəsildə estetik, hissi-emosional tərbiyənin gücləndirilməsi, ümumi intellektual səviyyənin inkişafı, istedadlı tələbələrin aşkara çıxarılması kimi əsas tələblərin yerinə yetirilməsində musiqi təlimi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Emosional dəyərləndirmə musiqi əsərlərinin mahiyyətə qavranılması tələbələrin mənəvi aləminin zənginləşməsində, onlarda incə hiss və duyğuların yaranmasında daxili hissiyyatların biruzə verilməsində müstəsna rol oynayır.

Bütün Azərbaycan xalq musiqisini şərti olaraq iki hissəyə bölmək olar: bilavasitə xalq tərəfindən yaradılan folklor musiqisi (xalq mahnı və rəqsləri) və peşəkar musiqiçilər, xanəndə və aşıqlar tərəfindən yaradılan şifahi ənənəli professional xalq musiqisi. Görkəmli incəsənət ustaları, xüsusilə xalq xanəndələri və aşıqlar çoxəsirlik ənənələri nəsildən-nəsilə yaşadaraq böyük və zəngin bir irs yaratmışlar. Klassik şərq muğamını yaradanlar və muğam barədə əsas nəzəri fikirlər deyənlər Əbu Nəsr Fərabi, Əbu Əli ibn Sina, Əl-Kindi, Əbdülqadir Marağayi, Səfiyəddin Urməvi və başqalar olmuşdur.

Beləliklə, “Azərbaycan şifahi ənənəli professional musiqisi” dedikdə, biz məktəb keçmiş xanəndə, sazanda, aşığılar kimi xalq-professional sənətkarların yaradıcılıq məhsulu olan muğamları, zərbi muğamları, aşiq musiqisi, təsnif, rəng kimi janrları nəzərdə tuturuq. İndi də bu janrları təfərruatı ilə araşdırırıq.

Azərbaycan şifahi-professional musiqisinin əsas janrlarından biri *muğamlardır*. Muğam – rəngarəng məzmunlu, mükəmməl formalı, vahid lad-məqam sisteminə malik çoxhissəli musiqi əsəridir. Muğam sözü iran-ərəb-türk dilində işlənən “məqam” sözündən yaranmışdır. “Məqam” sözü simli alətlərdəki pərdə mənasına gəlir. Hər muğamın da əsas notu (mayə) alətin bir pərdəsində olduğu üçün bu ad verilmişdir.

Muğamlar orijinal mahiyyətinə və öz xarakterinə görə biri-birindən fərqlənir. Üzeyir Hacıbəyli “Azərbaycan xalq musiqisinin əsasları” adlı elmi-nəzəri kitabında muğamların dinləyiciyə aşılacağı əhval-ruhiyyəni belə səciyyələndirir: “Rast”- dinləyicidə mərdlik və gümrahlıq hissi, “Şur” - şən, lirik əhval-ruhiyyə, “Segah”- məhəbbət hissi, “Şüştər”- dərin kədər, “Çahargah”- həyacan və ehtiras hissi, “Bayatı-Şiraz”- qəmginlik, “Hümayun”- dərin kədər hissi oyadır.

Muğam sənəti hazırda üç növdə təşəkkül tapmışdır: muğam dəstgəhləri; kiçik həcmli muğamlar; zərbi muğamlar.

Muğamın klassik və mükəmməl forması **dəstgahdır**. Xanəndələr tərəfindən ifa olunan muğam dəstgəhləri musiqimizin kamil klassik formalı, çoxhissəli, silsilə quruluşlu musiqi əsərləridir. Dəstgah – muğamın vokal-instrumental şəkildə bütün hissələrinin: şöbə, guşə, rəng, təsniflərin tam, bütövlükdə, muğam kompozisiyasının tələbləri səviyyəsində ifası deməkdir. Dəstgahın ən başlıca xüsusiyyəti muğam şöbələrinin və guşələrinin, təsnif və rənglərin məntiqli surətdə ardıcılılaşaraq, silsilə yaratmasından ibarətdir. Bunun da nəticəsində muğam dəstgahlarının özünəməxsus inkişaf dramaturgiyası yaranır.

Azərbaycanda 7 əsas, 3 köməkçi muğam var. Əsas muğam dəstgəhləri aşağıdakılardır: “Rast”, “Şur”, “Segah”, “Çahargah”, “Bayatı-Şiraz”, “Şüştər” və “Humayun”. Köməkçi muğamlar isə “Şahnaz”, “Sarənc” və 2-ci növ “Çahargah”dır. Bu muğam dəstgəhləri rast, şur, segah, şüştər, bayatı-şiraz, çahargah, hümayun məqamlarına əsaslanır.

Bir məqam əsasında bəzən bir neçə muğam qurulur, beləliklə, muğam ailələri əmələ gəlir. Məsələn, “rast” məqamına əsaslanan beş muğam dəstgahı mövcuddur: Rast, Mahur-Hindi, Orta Mahur, Bayatı-Qacar və Dügah. Bunların arasında başlıca fərq əsasən tonallıq (maye) müxtəlifliyidir və bir qədər forma quruluşunun fərqliliyidir. “Segah” məqamına da əsaslanan beş muğam dəstgahı ifa olunduğu tonallıqları ilə fərqlənir: Haşım segahı (sol), Xaric segah (si), Orta segah (mi), Mirzə Hüseyn segahı (lya), Yalxın segah (re).

Muğam dəstgahlarının mətninin əsasını klassik poeziya forması olan qəzəl təşkil edir. Qəzəl seçimi hər bir xanəndənin öz zövqündən və istəyindən asılı olmaqla yanaşı, həm də muğamın xarakteri ilə bağlı olur: məsələn, “Rast”da oxunan qəzəllər “Segah”da və ya “Çahargah”da oxunmur. Muğam dəstgahların ifa müddəti (xronometraji) sabit deyil. Eyni dəstgah 2-3 saat, 30-40 dəqiqə və ya 10-15 dəqiqə müddətində ifa oluna bilər.

Azərbaycan muğam dəstgahlarının quruluş-kompozisiya xüsusiyyətlərini təhlil edərkən görürük ki, bütün muğamlarda üç əsas bölmə vardır ki, onlarsız dəstgah qurula bilməz. Bu bölmələrin bütün dəstgahlarda lad-məqam əsası eyni olur. Muğam dəstgahına inkişaf etmiş instrumental giriş (*daraməd* və ya bərdəş), **rəng** və **təsniflər** daxildir ki, bunlar da şifahi ənənəli professional musiqisinin ayrıca janrlarıdır.

Təsnifin və ya rəngin muğam dəstgahının hər şöbəsinə salınması heç də mütləq deyil. Bu muğam improvizasiyasının həm bütövlükdə, həm də ayrı-ayrı hissələrinin xarakterindən asılıdır. Əgər vokal improvizasiya həcmcə böyük deyil və əslində intermediya rolunu oynayarsa, bu zaman ondan sonra təsnif heç vaxt ifa olunmur.

Rəng dediyimiz musiqi janrı mahnı-rəqs xarakterli, inkişaf etmiş bitkin forma və quruluşa malik instrumental pyeslərdir. Onların həcmi müxtəlif ola bilər. Belə ki, rənglər bir neçə musiqi ibarətini özündə cəmləşdirən kiçik miniatür pyeslərdən tutmuş geniş miqyaslı instrumental pyeslər həcmində də ola bilər. Rənglər müstəqil şəkildə və ya dəstgahların daxilində ifa oluna bilər.

Azərbaycan şifahi ənənəli professional musiqisinin vokal-instrumental janrlarından biri də **zərbi muğamlardır**. Zərbi muğamların yaranması, təşəkkülü və inkişafı xanəndə və sazəndə ansamblının ifaçılığı ilə bağlıdır. Janrın mahiyyəti onun adını da müəyyənləşdirir: onun ifası zamanı xanəndəni müşayiət edən instrumental ansamblın tərkibində zərb alətlərinə böyük yer verilir.

Zərbi muğamlar öz musiqi üslubu və kompozisiyası ilə muğam dəstgahlarından seçilir: burada vokal musiqi dəqiq ölçülü instrumental müşayiətə əsaslanır. Zərbi muğamlar iri həcmli, lakin bir hissəli kompozisiyadan ibarətdir. Zərbi muğamlarda instrumental və vokal partiyalar bərabər hüquqludur.

Qeyd etmək lazımdır ki, melodiyanın ritmik dönmələrinin sərbəstliyi, metrik vurğuların elastikliyi – bütün bunlar zərbi muğamların formalaşmasına böyük təsir göstərmiş, həmçinin bu janr Azərbaycan poeziyasının özünəməxsus məziyyətləri ilə zənginləşmişdir. Zərbi muğamların mətnində klassik şairlərin qəzəllərindən, həmçinin bayatı və qoşmalardan istifadə olunur.

Adətən zərbi muğamlar emosional səciyyəli, inkişaf etmiş kiçik həcmli instrumental müqəddimə ilə başlanır. Dəqiq ölçülü bu müqəddimənin musiqi ibarələri və cümlələri ilə əsas melodiya şərh edilir. Vokal partiya kompozisiyaya əvvəlcə yüksək registrdə (məqamın oktava yuxarı zilində) giriş nidası ilə daxil olur. Uzaqlanmış səsdən sonra isə vokal melodiya reçitativ (danışiq) oxu tərzində inkişaf edir. Məhz bu səbəbdən də zərbi muğamları ancaq zil səslərə malik olan xanəndələr oxuya bilər.

Azərbaycan muğam ifaçılığı təcrübəsində geniş yayılmış zərbi muğamlar aşağıdakılardır: “Şikəstə” (“Qarabağ şikəstəsi”, “Kəsmə şikəstə”, “Şirvan şikəstəsi”), “Heyratı”, “Arazbarı”, “Mənsuriyyə”, “Səmayi-Şəms”, “Maani”, “Ovşarı” (“Əfşarı”), “Heydəri” və s. Öz metro-ritmik əsasına görə bu musiqi növlərinin hər birində həm bəhrli, həm də bəhrsiz musiqinin xüsusiyyətləri vardır, yəni onlarda eynizamanda həm sərbəst vəzn (inprovizasiya), həm də dəqiq ciddi vəzn mövcuddur.

Azərbaycan professional şifahi yaradıcılığın qollarından biri də **aşıq sənətidir**. Öz əsası etibarilə demokratik mahiyyət daşıyan aşiq yaradıcılığının məzmunu çox genişdir, müxtəlifdir və rəngarəngdir. Aşıq sənətinə qədim epik dastanlar, xalqın azadlığını, qəhrəmanlığını, tərənnüm edən mahnılar, satirik və yumoristik, həm də dostluğu, məhəbbəti vəsf edən mahnılar daxildir. Aşıq musiqisi sırf orijinal xüsusiyyətlərə və özünəməxsus ifa üslubuna malik müstəqil bir musiqi sənətidir. Aşıq sənəti sintetikdir, yəni aşiq şer yazır, musiqi bəstələyir həm də oxuyaraq sazda çalır və rəqs edir. Aşığın əsas musiqi aləti saz qədim Azərbaycan dartımlı simli musiqi alətidir. Alətin gözəl tembrinə görə sazı şairlər həmişə vəsf etmişlər. Aşıq-ozan yaradıcılığında əsas janrlar aşağıdakılardır: dastan (xüsusilə qəhrəmanlıq dastanları), tərifləmə, gözəlləmə, ustadnamə, dəyişmə və s.

Müasir Azərbaycan aşıqlarının əcdadı olan qədim ozanların həyatına, məhəbbətinə, vətənpərvərliyinə, igidliklərinə həsr edilmiş ən qədim yazılı mənbə, yeddinci əsrə aid olan “Kitabi Dədə Qorqud” xalq dastanıdır. Ağzı dualı, sözü müqəddəs, sazı müqəddəs tutulan Dədə Qorqudlar zaman-zaman dəyişmiş, inkişaf etmiş, aşiq sözünün, sazının qüdrət və qüvvəsi yüksək tutulmuş. Yunis İmrə, Aşıq Veysəl, Dədə Əmrah, Xəstə Qasım, Aşıq Qurbani (16-cı əsr), Aşıq Abbas Tufarqanlı, Sarı Aşıq (17-ci əsr), Aşıq Valeh, Aşıq Dilqəm (18-ci əsr) daş üstünə daş qoymuş, bünövrəsi möhkəm qalalar üstündə öz minarələrini ucaltmış, özlərindən sonraya layiqli, ölməz bir sənət qoyub getmişlər.

Ali məktəblərin “musiqi müəllimliyi” ixtisasını bitirən hər bir tələbə gələcəkdə ümumtəhsil məktəblərində işləyərkən, şifahi ənənəli Azərbaycan professional musiqisi ilə uşaqları tanış etməli, bu musiqiyə sevgi hisslərini aşılamalıdır. Bunun üçün isə onun özü bu musiqini dərinlən

bilməli, anlamalı və sevməlidir. Tələbələrdə xalq musiqisinə sevgi hisslərinin tərbiyəsi, mənəviyyatlarının zənginləşməsi, bədii zövq və təfəkkürlərinin inkişafı, düşüncə və fikirlərinin düzgün istiqamətə yönəldilməsi, peşə bacarıqlarının formalaşdırılması, eləcə də Azərbaycan xalq musiqisinin nəzəri cəhətdən əsasları barəsində biliklərin toplanması və praktiki cəhətdən onu ifa etmək bacarığının əldə edilməsi – bütün bunlar ali məktəblərdə təhsil aldıkları dövrdə “Azərbaycan xalq musiqisinin əsasları” fənni vasitəsilə həyata keçirilir.

Azərbaycan xalq musiqisinin bütün janrları üçün vahid bir sistem olan Azərbaycan lad-məqam sistemi mövcuddur. Buna görə “Azərbaycan xalq musiqisinin əsasları” fənninin mənimsənilməsində şifahi ənənəli professional musiqi janrlarının lad nəzəriyyəsinin öyrədilməsi ilə yanaşı, tələbələrə muğamlar haqqında müəyyən biliklərin verilməsi də zəruridir. Bu isə kursun öyrənilməsinin mürəkkəbliyini şərtləndirən faktorlardan biridir.

“Azərbaycan xalq musiqisinin əsasları” fənni Pedaqoji Universitetin “Musiqi və onun tədrisi metodikası” kafedrasında tədris olunan mürəkkəb fənlərdən biridir, hətta tam qətiyyətlə söyləmək olar ki, bu fənn Bakı Musiqi Akademiyasında və Milli konservatoriyada da tədris olunan mürəkkəb fənlərdən hesab edilir. Bu da Azərbaycan xalq musiqisinin, onun lad sisteminin unikalılığı və rəngarəngliyi, lad-funksional sistemin mürəkkəbliyi ilə əlaqədardır.

Pedaqoji Universitetinin “musiqi müəlimi” ixtisasında təhsil alan tələbələrinin baza biliklərinin real səviyyəsini, onların nəzəri biliklərini genişləndirmək imkanlarını və onların gələcək peşə fəaliyyətlərinin xüsusiyyətlərini nəzərə alsaq, burada tədris olunan “Azərbaycan xalq musiqisinin əsasları” fənni Musiqi Akademiyasında, Milli konservatoriyada tədris olunan eyni adlı fəndən müəyyən dərəcədə fərqlənməlidir. Düşünürük ki, Pedaqoji Universitetlər üçün “Azərbaycan xalq musiqisinin əsasları” kursunun məxsusi metodikasının işlənilib hazırlanmasına çoxdan ehtiyac duyulur. Bu kursun yığcam, daha sadələşdirilmiş variantı olmalıdır ki, burada iki prinsip gözlənilməlidir: zəruriyyətlilik və məqsədyönlülük. Bu iki prinsip nəzərə alınaraq fənnin zəruri və informatik materialları dəqiqləşdirilməli və müəyyənləşdirilməlidir.

NƏTİCƏ

Beləliklə, gələcəyin musiqi müəllimlərinin milli lad hissiyatının gücləndirilməsi, xalqımızın şifahi ənənəli musiqisinə qarşı daxili tələbatın artırılması, zövqün cilalanması, intonasiya genofondunun formalaşması kimi keyfiyyətlərin yaranmasını düzgün qurulmuş təlim prosesi təmin etməlidir.

Sonda demək istərdik ki, Azərbaycan şifahi ənənəli professional musiqisi Azərbaycan xalqının zəngin irsində mühüm yer tutur. Həm muğam, həm də aşıq sənəti Azərbaycan xalqının qəlbi, ürəyi və özülüdür.

ƏDƏBİYYAT:

1. Z.K. Abdullayeva. Azərbaycan xalq musiqi yaradıcılığı. Bakı, 2011, 143 səh.
2. T.Ə. Bağirova. Aşıq mahnıları. Bakı, ADPU, 2015, 159 səh.
3. Ü.Hacıbəyli. Azərbaycanın xalq musiqisinin əsasları. Bakı, 1985, 150 səh.
4. M.S.İsmayılov. Azərbaycan xalq musiqisinin janrları. Bakı, 1984, 100 səh.
5. R.İmrani. Azərbaycanın musiqi tarixi. I cild. Bakı, 1999, 148 səh.
6. J.Qədimova. Musiqinin tədrisi metodikası. Bakı, 2007, 323 səh.
7. Qədimova J., Bağirova T. Etnomusiqişünaslıq. // Bakı: «Elm və Təhsil», 2009, 378 səh.
8. O.Rəcəbov, N.Kazımov, Ə.Ələkbərov, F.Hidayyətova. Azərbaycan xalq musiqisi və musiqi müəllimi hazırlığı. Bakı: Mütərcim, 2012, 244 səh.
9. R.Zöhrabov. Şifahi ənənəli Azərbaycan professional musiqisi. Bakı, 1996, 68 səh.

**AZƏRBAYCAN BƏSTƏKARLARININ SİMFONİK YARADICILIĞINDA MUĞAM
SƏNƏTİNİN TƏZAHÜRÜ
EMBODIMENT OF MUGAM ART IN THE SYMPHONIC CREATIVITY OF
AZERBAIJAN COMPOSERS**

Qaribova Arifa Hajibaba kızı

Doctor of Philosophy in Pedagogy, Docent
Azerbaijan State Pedagogical University
Faculty of Arts and Physical Education
Department "Music and technology of its teaching"
Azerbaijan, Baku city, Uzeyir Hajibeyov street, 68
ORCID ID:0000-0001-8059-5566

XÜLASƏ

Məqalə Azərbaycan bəstəkarlarının simfonik əsərlərində muğam sənətinin təəcəssümü yollarının təhlilinə həsr edilmişdir. Burada qeyd olunur ki, Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılığının kökləri xalq musiqisi mənbəyinə bağlıdır, lakin hər bir bəstəkar bu mənbəyə özünəməxsus bir şəkildə, fərdi yanaşaraq təkrarolunmaz musiqi əsərləri yaradır. Onlardan bəziləri xalq musiqisindən sitatlar gətirməklə, başqaları öz orijinal musiqisində xalq musiqisinin səciyyəvi xüsusiyyətlərindən bəhrələnməklə, digərləri isə bütün yollardan istifadə etməklə onu öz əsərlərində təəcəssüm etdir. Məqalədə müxtəlif nəslə mənsub olan bir sıra görkəmli Azərbaycan bəstəkarlarının musiqi dili araşdırılmış və bəzi simfonik əsərləri təhlil olunmuşdur.

Açar sözlər: muğam, simfonizm, melodiya, ritm, forma

ABSTRACT

The article is devoted to the analysis of the ways of embodiment of mugham art in symphonic works of Azerbaijani composers. It is noted here that the roots of the creativity of Azerbaijani composers are connected with the sources of folk music, but each composer approaches this source in his own unique way, individually, creating inimitable musical works. Some of them embody it in their works by citing folk music, others by using the characteristic features of folk music in their original music, and others by using all the ways. The article examines the musical language of a number of prominent Azerbaijani composers belonging to different generations and analyzes some symphonic works.

Key words: mugham, symphony, melody, rhythm, form

GİRİŞ

Hər bir xalqın əsrlər boyu yaratdığı müxtəlif forma və janrları, musiqi nümunələri mövcuddur. Azərbaycan musiqi mədəniyyətinin mənbəyi qədim dövrlərə gedib çıxır. O, uzun inkişaf yolu keçərək təbii və orijinal xüsusiyyətlərə malikdir. Azərbaycanın xalq musiqisi – muğamları, zərbi muğamları, mahnı və rəqsləri, təsnifləri və aşiq havaları müxtəlif janrlarda orijinal ritm

və ladlar əsasında inkişaf etmişdir. Azərbaycan bəstəkarları, heç şübhəsiz ki, bundan kənarda qala bilməzdi. Onlar öz orijinal əsərlərini yaradarkən, bu zəngin irsdən istifadə etmiş, onun ecaskar gözəlliyindən bəhrələnmişlər.

Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılığının kökləri xalq musiqisi mənbələrinə bağlıdır, lakin hər bir bəstəkar bu mənbəyə özünəməxsus bir şəkildə, fərdi yanaşaraq təkrarolunmaz musiqi əsərləri yaradır. Onlardan bəziləri xalq musiqisindən sitatlar gətirməklə, başqaları öz orijinal musiqisində xalq musiqisinin səciyyəvi xüsusiyyətlərindən bəhrələnməklə, digərləri isə bütün yollardan istifadə etməklə onu öz əsərlərində təcəssüm etdirir. “Bəstəkarlarımızın xalq musiqisindən və muğamlardan yaradıcılıqla bəhrələnməsi əsərlərin melodikasına, lad-tonallığına, metro-ritminə, polifonik və harmonik dilinə, forma quruluşuna və orkestrləşdirməyə böyük təsir göstərir”. (5; səh.3). Bu baxımdan Azərbaycan bəstəkarlarının musiqi dilinin araşdırılması böyük maraq kəsb edir.

ARAŞDIRMA

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, Azərbaycan bəstəkarları xalq musiqisini öz yaradıcılığında iki yol ilə istifadə etmişlər: 1) xalq musiqisindən bilavasitə sitatların olduğu kimi istifadəsi yolu; 2) xalq musiqisinin ritm, forma, inkişaf prinsipi və s. ünsürlərindən istifadəsi yolu.

Muğamlardan sitat şəklində istifadəni biz Azərbaycanda yaranmış simfonik muğamlarda bütün təfərruatı ilə görürük. Muğamların simfonikləşdirilməsi isə ilə hələ XX əsrin 20-ci illərində Ü.Hacıbəyli və A.Zeynallı məşğul olmuşlar. Muğamların ayrı-ayrı ünsürlərindən istifadə etmək sahəsində bəstəkarlarımız az iş görməmişlər. Ü.Hacıbəylinin xalq çalğı alətləri üçün yaratdığı “Şur və “Çahargah” fantaziyaları muğamlarımıza bu səpkidə yanaşmanın ilk nümunələri olmuşdur. Bu əsərlərdə biz muğamların intonasiya çalarlarından irəli gələn harmonik və çoxsəsli-polifonik ünsürlərin şahidi oluruq. Müəllif birinci fantaziyasında “Çahargah”ın, ikinci fantaziyada isə “Şur”un səciyyəvi melodik avazlarına əsaslanaraq məhz özünün orijinal mövzu materialını yaratmışdır.

Şifahi ənənəyə əsaslanan professional musiqimizin mərkəz janrı – muğam Ü.Hacıbəyliyən sonra milli simfonik musiqiyə, Azərbaycan bəstəkarların yaradıcılığına ciddi təsir göstərmişdir. Lakin məhz simfonik muğam janrının yaradıcısı görkəmli bəstəkar Fikrət Əmirov olmuşdur. O, “Şur” və “Kürd-Ovşarı”, eləcə də “Gülüstan Bayatı-Şiraz” simfonik muğamlarında ayrı-ayrı müstəqil muğamlar əsasında xüsusi simfonik əsərlər yaratmışdır.

İlk növbədə “Şur” simfonik muğamına müraciət edək. Bəstəkar “Şur” muğam dəstgahının bütünlüklə simfonik muğamda saxlamışdır, yəni “Şur”un ənənəvi quruluşu simfonik muğamda eynilə saxlanılmışdır. Müəllif simfonik muğamda sərbəst improvizə səciyyəli muğam

şöbələrini mahnı-rəqs ruhlu təsnif və rəng şöbələri ilə növbələşdirir. Həmçinin muğam şöbələrinə xas olan variasiyalı (dəyişdirilmiş, təbəddülata uğramış) inkişaf priyomu da simfonik muğamda öz dolğun təəcəssümünü tapır.

F.Əmirovun “Şur” simfonik muğamı aşağıdakı ənənəvi hissələrdən ibarətdir: “Şur”, “Şur-şahnaz”, “Bayatı”, “Əraq”, “Səmayi-şəms” (hər bir hissədən sonra rəng və ya təsnif səslənir). Qeyd etməliyik ki, “Əraq” şöbəsi sazandalar və xanəndələr tərəfindən ifa olunan Şur” muğam dəstgahına daxil olmadığı halda, simfonik muğamda müəllif tərəfindən işlənmişdir. Əslində “Əraq” şöbəsi “Rast” və onun ailəsinə daxil olan muğam dəstgahlarının zil şöbəsidir. “Şur” dəstgahında isə bu funksiyanı “Bayatı-Qacar” şöbəsi daşıyır. Lakin müəllif öz yaradıcı fantaziyasını işə salaraq, melodiya və lad etibarilə “Bayatı-Qacar”a uyğun gələn “Əraq” şöbəsinin musiqi materialından istifadə etmiş və nəticədə orijinal əsər yaratmışdır. Bir məqam da maraqlıdır ki, F.Əmirov “Şur-şahnaz” bölməsində “Ay qadası” xalq mahnısı “Rəng” adı ilə səsləndirmişdir. “Səmai-Şəms” bölməsi də maraqlı işlənilmişdir. Onun əsasını “Zərbi-Muğam” mövzusunda zıncırovların və ksilofonların ifasında səslənən kanon təşkil edir. Bu kanon “Səmai-Şəmsin” əvvəlində, orta hissəsində və tamamlayıcı hissəsində səslənir. Daha sonra o, “Kürd-Ovşarı»da səslənərək iki muğam arasında əlaqə yaradır.

“Kürd-Ovşarı” muğamı zərbi muğamların musiqi materialına əsaslanır. Zərbi-muğamlar müşayiətdə səslənən metrik cəhətdən dəqiq musiqi ilə sərbəst improvizasiya üsulunu özündə uyğunlaşdırən əsərlərdir. “Kürd-Ovşarı”nın dörd bölməsindən – “Ovşarı”, “Şahnaz”, “Kürdi”, “Mani” – üçü zərbi muğamdır, biri isə – “Şahnaz” muğam bölməsidir. Burada yalnız bir təsnif var. “Ovşarı” şöbəsinə refren orkestr tutması ilə ifa olunur. Burada qədim aşiq mahnısı olan “Ovşarı”dan dəraməd kimi istifadə edilmişdir. Bu dəramədə bəstəkar “Şur” muğamından “Səmai-Şəms” şöbəsinin variantını da əlavə edir. “Ovşarı”dan sonra gələn “Təsnif” lirik xalq mahnısına əsaslanır. Təsnif dəqiq üç hissəli formaya malikdir. “Şahnaz” şöbəsi xalq ifaqlıq təcrübəsində muğam kimi tanınır. “Şahnaz”da yenə dinamik obrazlar verilir. “Kürdi” şöbəsi xalq toy melodiyasına əsaslanır. Tamamlayıcı şöbə olan “Mani”də refrenin işıqlı şən musiqisi öz əksini tapır. “Səmai-Şəms”də yenidən təkrarlanan kanonda bəstəkar muğam-improvizasiyasını əlavə melodik xəttlə zənginləşdirir.

1973-cü ildə F.Əmirovun “Gülüstən-Bayatı-Şiraz” simfonik muğamı Moskvada VI beynəlxalq musiqi konqresində ifa olunur və dinləyicilər tərəfindən coşqunluqla qarşılanır. “Gülüstən Bayatı-Şiraz” – əvvəlki muğamlarla müqayisədə daha müstəqil əsərdir, xalq muğamının obrazlı-emosional əhval-ruhiyyəsini, onun lad intonasiya zənginliyini çox sərbəst istifadə edir. Xalq arasında lirik muğam kimi tanınan, “Bayatı-Şiraz” F.Əmirovun musiqisində öz

həzinliyini, lirik-əfsanəvi xarakterini, lirik-hekayət, lirik dramatik hisslərini və obrazlı emosional məzmunun bütün çalarlarını qoruyub saxlamışdır.

Şərq şairləri Sədi və Hafizin əsərlərinin obrazlarına əsaslanan “Gülüstən” sevgi haqqında böyük poema, incəsənətin əbədiyyətinin rəmzi kimi səslənir, bu da xalq muğamının gizli proqramlığına yaxındır. “Gülüstən”ın obrazlı emosional konsepsiyası Sədi və Hafizin əsərlərindəki epigrafla səsləşir:

Nəyinə lazımdır gül tabaq-tabaq,

Gəl, "Gülüstən"ımdan apar bir varaq.

Bu kiçik poetik giriş proqram rolunu yerinə yetirir, muğam dünyasına, onun emosional əhval ruhiyyəsinə aparır.

F.Əmirovun partitüraya daxil etdiyi vokal partiya (mərkəzi hissədə messo-soprano səslənir) elə bil ki, dinləyicidə xalq muğamının obraz-emosional təsirini yaradır. Burada vokal partiya monoloq şəklindədir. Və bu vokaliz sanki, xalq muğamına xas olan monoloqluğu «yenidən yaradır», lirik obrazın subyektivliyini gücləndirir.

Bəstəkar “Gülüstən”da ilk mənbə ilə əlaqəni kəsmir, lakin dramaturgiyanın tipik simfonik vasitələri onun tərəfindən daha cürətli, sərbəst və azad istifadə edilir. Bu deyilənlər hər şeydən əvvəl lad sahəsinə aiddir. İlk dəfə olaraq simfonik muğamda müxtəlif laddardan belə geniş və sərbəst istifadə olunur. Müəyyən obrazlı-emosional və estetik anlamla əlaqədar olaraq musiqi materialının inkişafı prosesində «Gülüstən» partitürasına “Hümayun”, “Segah”, “Şur”, “Cargah” muğamlarından melodik parçalar daxil edilir. Bundan əlavə epizodlardan birində ənənəvi rəng aşiq rəqs havası ilə əvəz edilmişdir.

F.Əmirovun yaratdığı simfonik muğamlar öz davamını Niyazi və S.Ələsgərovun yaradıcılığında tapmışdır. Belə ki, Niyazi “Rast”, S.Ələsfərov isə “Bayatı-Şiraz” simfonik muğamlarını yazdı.

Niyazi “Rast” muğamında F.Əmirovun “Şur” və “Kürd-Ovşarı” simfonik muğamlarındakı əsas istiqaməti bariz şəkildə davam etdirir. O, F.Əmirov kimi sazandalar və xanəndələr tərəfindən ifa edilən eyni adlı muğam dəstgahının ifasına xas olan əsas xüsusiyyəti, yəni improvizə səciyyəli bütün muğam şöbələrini ciddi vəznli rənglər və təsniflərlə ardıcılılaşmasını öz simfonik muğamında həyata keçirmişdir.

“Rast” simfonik muğamında Niyazi eyni adlı dəstgahın bütün əsas şöbələrindən istifadə etmişdir: “Mayeyi-rast”, “Hüseyni”, “Vilayəti”, “Dilkəş”, “Şikəsteyi-fars”, “Əraq”, “Pəncəgah” son dərəcə heyvətəməz orkestrləşdirilmişdir. Bu şöbələr arasında rəng və təsniflərə

də geniş yer verilmişdir. Hətta bir təsnifin simfonik muğamda “Əlində sazın qurbanı” məşhur xalq mahnısının melodiyası ilə əvəz olunması da çox qanunauyğun alınmışdır.

Muğamların intonasiyaları vasitəsilə dərin fəlsəfi düşüncələri yaratmaq imkanlarından Azərbaycan simfonizminin bayraqdarı C.Hacıyev bacarıqla istifadə etmişdir. Onun 4-cü simfoniyasında bu keyfiyyət qabarıqla üzə çıxır. Belə ki, 4-cü simfoniyanın birinci hissəsi “Reçitativ-fantaziya”da epik dastan obrazlarını yaratmaq üçün bəstəkar məhz “Bayatı-Şiraz” muğamının ən səciyyəvi intonasiyalarından istifadə etmişdir. Müəllif bunu monoloq, danışq tərzli, sadə melodiya malik musiqinin orkestrin aşağı, qatı registrində səsləndirilməsi ilə əldə etmişdir. Həmin melodiya müxtəlif rəngə boyanmış, dəyişdirilmiş şəkildə simfoniyanın bütün hissələrində səslənir.

Görkəmli bəstəkarımız A.Məlikovun da əsərlərində muğam üslubu öz əksini tapmışdır. Qeyd etməliyik ki, tükənməz xalq musiqisi ənənələrinə söykənən bəstəkarın bütün əsərlərində onun orijinal musiqi dili, özünəməxsus yazı üslubu, fərdi yaradıcılıq prinsipləri özünü parlaq surətdə nümayiş etdirir. Onun 4-cü və 6-cı simfoniyaları üzərində dayanaq.

4-cü simfoniyanın obrazlar aləmi çoxcəhətli və mürəkkəbdir. Bəstəkar öz fikirlərini həyata keçirmək üçün muğama xas olan cəhətlərdən bəhrələnmişdir. Simfoniya muğama məxsus cəhətlər hər şeydən əvvəl musiqi mövzularının muğamvari intonasiyalarında, melodiya müxtəlif bəzəkli ornamentlərlə zənginləşdirilməsində, təzadlı epizodların bir-birilə ardıcılılaşdırılmasında, qeyri-bərabər temperasiya sistemindən istifadə olunmasında, verilmiş struktur çərçivəsində ayrı-ayrı alətlərin sərbəst şəkili ifaçılıq priyomlarından istifadəsində, musiqi axınının bəzi epizodlarında deklamasiyalıqda özünü göstərir.

Bəstəkarın muğam təfəkkür tərzinə biz onun “Təzadlar” adlı 6-cı simfoniyasında da şahid oluruq. Adından da bəlli olduğu kimi, muğamlara xas olan ümdə xüsusiyyət – təzadlı epizodların bir-birini əvəz etməsi simfoniya bariz şəkildə verilmişdir. Bu simfoniya hər təzadlı bölmənin öz orkestr palitrası, öz musiqi çalarlığı vardır. Lakin bununla yanaşı, bütün bölmələr ümumi obrazlı emosional məzmunla, ümumi konsepsiya ilə birləşmiş, biri digəri ilə üzvi surətdə əlaqələndirilmişdir. Bu kimi məziyyət məhz muğam dəstgahlarından irəli gəlir. Məlumdur ki, muğam dəstgahlarında da hər bir şöbə musiqi etibarilə o birindən fərqlənir. Lakin onları birləşdirən ən əsas amil bir lad-məqam çərçivəsində inkişaf prinsipi və daxili məzmunun vahidliyi. Deməli, dəstgahların quruluş prinsipini A.Məlikov öz 6-cı simfoniyası üçün əsas vasitə götürmüşdür.

Nəhayət, 6-cı simfoniyanın musiqi axını boyu başqa muğam intonasiyaları ilə bərabər, xüsusən “Humayun” muğamının intonasiya boyaları səsləndirilir. Bu təsadüfi deyil. Bəstəkarın hələ ilk

səhnə əsəri – “Məhəbbət əfsanəsi” baletinin lirik obraz aləmini məhz “Humayun” təşkil etmişdir. Bunula əlaqədar baletdə olan “Humayun” mövzusunun simfoniyanın finalında bir daha yada salınması təbii şəkildə qavranılır. Ümumiyyətlə, finalın son bölməsi onun ideya məzmununun yekunudur. “Humayun” vasitəsilə əsərin sonunda sakit, işıqlı əhvali-ruhiyyə yaranır. Bu bölməni “Dünya bu gün” adlandırmaq olar. Elə bil bəstəkar nəfəsini dərmədən, yer kürəsinin səsinə qulaq asır. Müəllif məhz muğamın ecəskar qüvvəsi vasitəsilə əsərin dramaturji inkişaf yekununu əldə etməyə ustalıqla nail olmuşdur.

Görkəmli bəstəkar Aqşin Əlizadə də öz əsərlərində xalq musiqisi və muğamlardan bəhrələnmişdir. Onun №4 simfoniyasında muğam əsas aparıcı amil kimi onun epik quruluşunun musiqi səciyyəsinə təşkil edir. Burada muğam ünsürlərinin müasir musiqi dilinin imkanları ilə əlaqələndirilməsi problemi bəstəkar tərəfindən son dərəcə qabarıqla həll olunmuşdur. Simfoniyanın üslub cəhətdən inkişafı əsərdə məhz klassik muğam cizgilərinin əks etdirilməsi, onların müasir musiqi texnikası priyomları ilə uzlaşdırılması nəticəsində üzə çıxır. Simfoniya bəstəkar bir muğamla kifayətlənmir, bir neçə muğam intonasiyalarına müraciət edir. Biz burada “Şur”, “Çahargah”, “Segah”, “Vilayəti” muğamlarının intonasiya çalarlarını eşidirik. Simfoniyanın adı da dediklərimizi sübut edir: “Muğamvari”. A.Əlizadə musiqi folklorunun əsl nümunələrindən sitat kimi deyil, daha çox xalq incəsənəti ilə qarşılıqlı əlaqə metodundan istifadə edir, sinfonik partiturada muğamın inikası təzadların poetikasında, uzun müddət bir emosional vəziyyətdə qalmasında, silsilənin lad-məqam cəhətində duyulur.

Ü.Hacıbəylinin yolunu davam etdirərək, Azərbaycan bəstəkarları muğamın bir qolu olan zərbi muğamlardan bəziləri sitat şəklində, digərləri isə onun ayrı-ayrı ünsürlərindən istifadə edib və edirlər. Zərbi muğamların özünəməxsus quruluş və inkişaf xüsusiyyətləri mövcuddur ki, bəstəkarlarımız öz orijinal əsərlərində buna əsaslanırlar.

Görkəmli bəstəkar Soltan Hacıbəyovun “Karvan” simfonik lövhəsində biz zərbi muğamların ümdə keyfiyyətlərini müşahidə edirik. Əsərin əvvəlində bir əsas musiqi epizodu var ki, orada fleytada solo “Hicaz” muğamının melodiyası səslənir. Onu isə simfonik orkestr müəyyən ritmə malik bir ibarə ilə müşayiət edir. Burada biz sərbəst vəznli, improvizə ruhlu melodiya ilə dəqiq ölçülü müşayiət fonunun bir-birilə necə uzlaşdırılmasının şahidi oluruq.

NƏTİCƏ

Beləliklə, bütün yuxarıda dediklərimizdən aşağıdakı nəticəyə gəlmək mümkündür:

– Azərbaycan bəstəkarları xalqımızın zəngin irsindən istifadə edib, onun ecəskar gözəlliyindən bəhrələnərək öz orijinal simfonik əsərlərini yaratmağa müvəffəq olmuşlar. Milli lad və

muğamlara istinad bəstəkarların musiqi dilinin milli xüsusiyyətlərinin səciyyələndirilməsində böyük rol oynayır.

– Bu proses iki yolla gedirdi: 1) xalq musiqisindən bilavasitə sitatların olduğu kimi istifadəsi yolu, 2) xalq musiqisinin ritm, forma, inkişaf prinsipi və s. ünsürlərindən istifadəsi yolu.

– Bəstəkarlarımızın muğamlardan yaradıcılıqla bəhrələnməsi əsərlərin melodikasına, lad-tonallığına, metro-ritminə, polifonik və harmonik dilinə, forma quruluşuna və orkestrləşdirməyə böyük təsir göstərir.

ƏDƏBİYYAT:

1. Abdullayeva Z. Azərbaycan musiqi ədəbiyyatı. Bakı: “Adiloğlu” nəşriyyatı, 2009, 216 səh. (Abdullayeva Z. Azerbaijani musical literature. Baku: “Adiloglu” publishing house, 2009, 216 p.)
2. Z.Abdullayeva. Azərbaycan xalq musiqi yaradıcılığı. Bakı: “Elm və təhsil”, 2011, 144 səh. (Z. Abdullayeva. Azerbaijani folk music creativity. Baku: “Elm and Tahsil” publishing house, 2011, 144 p.)
3. Eldarova Ə. Xalq yaradıcılığı. Bakı: “Elm” nəşriyyatı, 1981, 168 səh. (Eldarova A. Folk creativity. Baku: “Elm” publishing house, 1981, 168 p.)
4. Ü.Hacıbəyli. «Azərbaycanın xalq musiqisinin əsasları», Bakı: “Yazıcı” nəşriyyatı, 1985, 27 səh. (U. Hajibeyli. "Fundamentals of Azerbaijani folk music", Baku: "Yazichi" publishing house, 1985, 27 p.)
5. C.Həsənova. Azərbaycan bəstəkarlarının əsərlərində milli ladların təzahürü. Bakı: “Marş-Print” nəşriyyatı, 2004, 136 səh. (J. Hasanova. The manifestation of national modes in the works of Azerbaijani composers. Baku: “Marsh-Print” publishing house, 2004, 136 p.)
6. V.Xəlilov. Seçilmiş əsərləri. VII cild. Bakı: “Nərgiz” nəşriyyatı, 2013, 312 səh. (V. Khalilov. Selected works. Volume VII. Baku: "Nargiz" publishing house, 2013, 312 p.)
7. R.Zöhrabov. “Bəstəkarlarımız haqqında söz”, Bakı: “Şur” nəşriyyatı, 1995, 23 səh. (R. Zohrabov. “A word about our composers”, Baku: “Shur” publishing house, 1995, 23 p.)
8. R.Zöhrabov. Muğam. Bakı: Azərbaycan Dövlət nəşriyyatı, 1991, 219 səh. (R.Zohrabov. Mugham. Baku: Azerbaijan State Publishing House, 1991, 219 p.)

SENSORY EVALUATION OF MILK-BASED SALEP BEVERAGES PRODUCED USING DIFFERENT MODIFIED STARCHES AS ALTERNATIVES TO SALEP

Dr. Öğretim Üyesi Kurban YAŞAR

Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Food Engineering, Osmaniye/Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-6514-2101

ABSTRACT

This study aimed to compare the sensory properties of milk-based salep beverages produced using different modified starches as alternatives to natural salep. Five different formulations were prepared: a control sample containing natural salep (K1), modified rice starch (K2), modified corn starch (K3), modified potato starch (K4), and modified tapioca starch (K5). The samples were produced in two independent batches and evaluated by a panel of 10 semi-trained assessors (5 females and 5 males). Sensory evaluation was performed using a 9-point sensory evaluation scale to assess color, consistency, sweetness, aroma, perceived creaminess, mouthfeel, aftertaste, and overall acceptability. Data were analyzed using one-way analysis of variance (One-way ANOVA), and differences among means were determined using Tukey's HSD multiple comparison test ($p < 0.05$). The results showed no significant differences among samples in terms of color ($p > 0.05$). However, significant differences were observed for consistency ($p < 0.001$), sweetness ($p < 0.05$), aroma ($p < 0.05$), perceived creaminess ($p < 0.001$), mouthfeel ($p < 0.001$), aftertaste ($p < 0.001$), and overall acceptability ($p < 0.001$). The control sample (K1) received the highest sensory scores for all evaluated attributes, with particularly high values for consistency (7.70), perceived creaminess (7.90), mouthfeel (8.40), aftertaste (8.20), and overall acceptability (7.51), whereas the overall acceptability scores of the modified starch-containing samples ranged from 5.84 to 6.22 and did not differ significantly from each other. These findings indicate that although modified starches can provide a certain degree of viscosity in milk-based salep beverages, they cannot fully replicate the characteristic aroma, mouthfeel, and overall sensory profile of natural salep. Nevertheless, modified starches may serve as promising alternative thickening agents considering the limited availability and the need for sustainable utilization of natural salep.

Keywords: Salep, modified starch, sensory analysis, glucomannan, milk-based salep beverage, sensory acceptability

SALEP YERİNE FARKLI MODİFİYE NİŞASTALAR KULLANILARAK ÜRETİLEN SÜTLÜ SALEP İÇECEKLERİNİN DUYUSAL DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, doğal salebe alternatif olarak farklı modifiye nişastalar kullanılarak üretilen sütlü salep içeceklerinin duyu özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, doğal salep içeren kontrol örneği (K1), modifiye pirinç nişastası (K2), modifiye mısır nişastası (K3), modifiye patates nişastası (K4) ve modifiye tapyoka nişastası (K5) olmak üzere beş farklı formülasyon hazırlanmıştır. Örnekler iki bağımsız üretim tekrâründe üretilmiş ve 10 yarı eğitimli panelist (5 kadın ve 5 erkek) tarafından değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme; renk, kıvam, tatlılık, aroma, algılanan yağlılık, ağız dolgunluğu, son kalıcı tat ve genel beğeni özelliklerini kapsayan 9 puanlı duyu değerlendirme ölçeği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir ($p < 0.05$). Sonuçlar, örnekler arasında renk açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermiştir ($p > 0.05$). Buna karşılık; kıvam ($p < 0.001$), tatlılık ($p < 0.05$), aroma ($p < 0.05$), algılanan yağlılık ($p < 0.001$), ağız dolgunluğu ($p < 0.001$), son kalıcı tat ($p < 0.001$) ve genel beğeni ($p < 0.001$) bakımından anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Kontrol örneği (K1), özellikle kıvam (7.70), algılanan yağlılık (7.90), ağız dolgunluğu (8.40), son kalıcı tat (8.20) ve genel beğeni (7.51) açısından en yüksek duyu puanları alırken, modifiye nişasta içeren örneklerin genel beğeni puanları 5.84–6.22 arasında değişmiş ve kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Elde edilen bulgular, modifiye nişastaların sütlü salep içeceklerinde belirli düzeyde kıvam sağlayabilmesine rağmen doğal salebin karakteristik aroma, ağız hissi ve genel duyu profilini tam olarak taklit edemediğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, doğal salebin sınırlı bulunabilirliği ve sürdürülebilir kullanım gereksinimi göz önüne alındığında, modifiye nişastaların umut verici alternatif kıvam artırıcılar olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Salep, modifiye nişasta, duyu analiz, glukomannan, sütlü salep içeceği, duyu kabul edilebilirlik

1. INTRODUCTION

Salep is a traditional milk-based beverage widely consumed in Türkiye, particularly during the winter season, and is prepared by mixing salep powder, obtained from the tubers of various orchid species belonging to the Orchidaceae family, with milk and sugar (Ece Tamer et al. 2006; Altaş et al. 2024). Owing to its characteristic aroma, high viscosity, and creamy mouthfeel,

salep beverage is highly appreciated by consumers. These distinctive characteristics are primarily attributed to glucomannan, the major polysaccharide present in salep powder. Because of its excellent thickening and stabilizing properties, salep is used not only in traditional salep beverages but also as a natural stabilizer in a variety of food products, particularly in Kahramanmaraş-style ice cream (Karaman & Kayacier 2010; Turgay & Çınar 2017).

Salep powder is a natural hydrocolloid obtained by boiling, drying, and grinding wild orchid tubers. Its chemical composition varies depending on the orchid species, geographical origin, and processing conditions. Salep mainly consists of glucomannan, starch, protein, ash, and moisture, with glucomannan being the principal polysaccharide responsible for its rheological and functional properties (Tekinşen & Güner 2010; Arslan et al. 2023). Due to its high water-binding capacity, viscosity-enhancing ability, and stabilizing properties, glucomannan provides the characteristic consistency and creamy mouthfeel of salep beverages. In addition, glucomannan exhibits prebiotic activity and has been reported to provide several physiological benefits, including improved gut health, better glycemic control, and reduced serum cholesterol levels (Yaşar et al. 2009; Yaşar & Bozdoğan 2018; Sasikumar et al. 2026). Furthermore, because of its high viscosity-forming and stabilizing capacity, salep is widely used as a natural stabilizer in the production of traditional salep beverages and Kahramanmaraş-style ice cream (Yaşar & Yeydem 2026; Gözübenli & Yaşar 2026).

However, the production of salep relies on harvesting wild orchid tubers from their natural habitats, placing considerable pressure on natural populations and limiting the sustainable production of salep. The limited availability, high cost, and difficulties in obtaining standardized quality salep have increased interest in alternative hydrocolloids and modified starches that can provide similar functional properties (Tekinşen & Güner 2010; Sen et al. 2018; Turkmen et al. 2021).

Modified starches are starch derivatives produced through physical, chemical, or enzymatic modifications to improve the functional properties of native starches. Compared with native starches, modification processes can enhance thermal and shear stability while improving water-holding capacity, gel formation, viscosity, and textural characteristics, thereby enhancing their functional performance in food systems (Zia-ud-Din et al. 2017; Chen et al. 2022). Consequently, modified starches are widely used as thickening agents, stabilizers, and texture modifiers in numerous food products, particularly dairy desserts, sauces, puddings, and milk-based beverages. Depending on the modification method employed, the rheological behavior,

mouthfeel, and textural properties of modified starches may vary, and these variations can influence the sensory characteristics perceived by consumers in the final product (Chakraborty et al. 2022; Chen et al. 2022; Sinhmar et al. 2023).

In addition to technological properties, sensory quality plays a crucial role in the success of newly developed food products. Therefore, sensory analysis is one of the most widely used methods for evaluating attributes such as color, appearance, aroma, consistency, mouthfeel, taste, and overall acceptability (Rodrigues et al. 2024; Chen et al. 2025). To the best of our knowledge, no previous study has comparatively evaluated the sensory properties of milk-based salep beverages produced using different modified starches as substitutes for salep. This knowledge gap highlights the need to investigate and compare the effects of alternative thickening agents on the sensory characteristics of salep beverages. Therefore, the present study aimed to evaluate the sensory properties of milk-based salep beverages prepared with different modified starches as alternatives to salep and to compare the sensory performance of the different formulations.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Materials

Whole cow's milk (Dost, 3.1% fat) used in this study was produced by Ak Gıda Industry and Trade Inc. (Türkiye) and purchased from a local supermarket in Osmaniye, Türkiye. Commercial granulated sugar was obtained from Konya Sugar Industry and Trade Inc. (Konya, Türkiye). Natural salep was purchased from a local commercial supplier in Kahramanmaraş, Türkiye. Ground cinnamon and ground ginger were commercial products manufactured by Arifoğlu Spice and Food Industry and Trade Inc. (Istanbul, Türkiye) and obtained from local supermarkets in Osmaniye. Modified rice starch, modified corn starch, modified potato starch, and modified tapioca starch were supplied by Alfasol Ticaret (Istanbul, Türkiye).

2.2. Methods

2.2.1. Production of Milk-Based Salep Beverages

Milk-based salep beverages were prepared with slight modifications according to the method described by Bozdoğan and Yaşar (2016). The formulations were coded as follows: K1, control (natural salep); K2, modified rice starch; K3, modified corn starch; K4, modified potato starch; and K5, modified tapioca starch. All formulations were produced in two independent batches. Ingredients used in the formulation of milk-based salep beverage samples are presented in Table 1. Five different formulations were prepared. The control sample (K1) contained 8 g of natural

salep as the thickening agent. In the experimental groups, natural salep was replaced with an equal amount (8 g) of different modified starches. Accordingly, K2 contained 8 g of modified rice starch, K3 contained 8 g of modified corn starch, K4 contained 8 g of modified potato starch, and K5 contained 8 g of modified tapioca starch. All formulations contained 1000 g of whole cow's milk, 80 g of granulated sugar, 1 g of ground cinnamon, and 1 g of ground ginger.

Table 1. Ingredients used in the formulation of milk-based salep beverage samples

Ingredient (g/1000 g milk)	K1	K2	K3	K4	K5
Whole cow's milk	1000	1000	1000	1000	1000
Natural salep	8	–	–	–	–
Modified rice starch	–	8	–	–	–
Modified corn starch	–	–	8	–	–
Modified potato starch	–	–	–	8	–
Modified tapioca starch	–	–	–	–	8
Granulated sugar	80	80	80	80	80
Ground cinnamon	1	1	1	1	1
Ground ginger	1	1	1	1	1

Note: The samples were coded as follows: K1, control (natural salep); K2, modified rice starch; K3, modified corn starch; K4, modified potato starch; and K5, modified tapioca starch.

For beverage preparation, natural salep or the corresponding modified starch was first added to the milk together with granulated sugar, ground cinnamon, and ground ginger. The mixture was homogenized at 10,000 rpm for 3 min using a high-speed homogenizer (Ultra-Turrax T25, IKA, Staufen, Germany). Subsequently, the mixture was heated at 90°C for 10 min under continuous stirring and then cooled to the serving temperature ($60 \pm 2^\circ\text{C}$). The prepared milk-based salep beverages were subjected to sensory evaluation immediately after production without any storage period.

2.2.2. Sensory Evaluation

The sensory properties of the prepared milk-based salep beverages were evaluated by a panel of 10 untrained but experienced panelists (5 females and 5 males) aged between 20 and 55 years, all of whom were regular consumers of salep beverages and familiar with their typical sensory characteristics. Prior to the sensory evaluation, panelists received a brief orientation (approximately 40 min) on the definitions of the sensory attributes to be assessed and on the correct use of the 9-point hedonic scale, following the approach described by Bodyfelt et al. (1988).

Sensory evaluation was conducted on samples from two independent production batches, and each panelist evaluated all five formulations in both batches, yielding a total of 20 sensory evaluations per formulation (10 panelists $\times$ 2 batches). The samples were evaluated for color, consistency, sweetness, aroma, perceived creaminess, mouthfeel, aftertaste, and overall acceptability using a 9-point scale (1 = dislike extremely, 9 = like extremely). As the same panel

evaluated all formulations, the objective of the sensory evaluation was to compare the relative acceptability of the formulations rather than to estimate consumer acceptance in a broader population.

The samples were labeled with random three-digit codes and served to the panelists at 60 ± 2 °C in a randomized presentation order. To minimize carryover effects between samples, the panelists were instructed to rinse their mouths with drinking water between evaluations. The sensory evaluation procedure was adapted from Altaş et al. (2024), with modifications appropriate to the experimental conditions of the present study

2.2.3. Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Results are presented as mean $\pm$ standard deviation. The experiment consisted of two independent production batches, and each formulation from each batch was evaluated by the same panel of 10 semi-trained panelists, yielding a total of 20 sensory scores per formulation. Since the same panelists evaluated all formulations within each production batch, the sensory scores obtained from the two batches were not statistically independent replicates but repeated measurements nested within panelists. Accordingly, differences among formulations were analyzed using one-way analysis of variance (One-way ANOVA) based on the mean scores of each panelist across the two production batches ($n = 10$ per formulation), followed by Tukey's honestly significant difference (HSD) multiple comparison test when significant differences were detected. Statistical significance was accepted at $p < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The sensory evaluation results of the milk-based salep beverages are presented in Table 2. The evaluated sensory attributes included color, consistency, sweetness, aroma, perceived creaminess, mouthfeel, aftertaste, and overall acceptability.

Color scores ranged from 6.50 ± 1.40 to 7.20, with the highest score observed for K1 and the lowest for K2. However, no significant differences were found among the samples ($p > 0.05$), and all formulations were assigned to the same homogeneous group according to Tukey's HSD test (Table 2). These findings indicate that complete replacement of salep with modified rice, corn, potato, or tapioca starch did not significantly affect the panelists' perception of color acceptability. Similarly, Altaş et al. (2024) reported that although instrumental color coordinates changed when salep was partially replaced with chia seed mucilage, the overall color difference was not perceptible to consumers. This suggests that although changes in

thickening agents may influence instrumental color measurements, these differences may not necessarily be reflected in sensory color perception.

Table 2. Sensory Evaluation Results of Milk-Based Salep Beverage Samples

Sample	Color	Consistency	Sweetness	Aroma	Perceived Creaminess	Mouthfeel	Aftertaste	Overall Acceptability
K1	7.20 ± 1.51 ^a	7.70 ± 1.45 ^b	7.70 ± 1.38 ^b	7.20 ± 1.58 ^b	7.90 ± 1.80 ^b	8.40 ± 1.05 ^b	8.20 ± 1.20 ^b	7.51 ± 1.21 ^b
K2	6.50 ± 1.40 ^a	5.20 ± 1.11 ^a	6.50 ± 1.05 ^a	5.70 ± 1.59 ^a	5.40 ± 1.31 ^a	5.40 ± 1.23 ^a	5.40 ± 1.14 ^a	5.84 ± 0.84 ^a
K3	6.80 ± 1.01 ^a	5.50 ± 1.15 ^a	6.70 ± 1.80 ^{ab}	5.80 ± 1.36 ^a	5.30 ± 1.03 ^a	5.40 ± 1.14 ^a	5.50 ± 1.05 ^a	6.06 ± 0.42 ^a
K4	6.60 ± 1.31 ^a	5.80 ± 1.20 ^a	7.00 ± 0.92 ^{ab}	6.10 ± 1.33 ^{ab}	5.30 ± 1.30 ^a	5.50 ± 0.95 ^a	5.30 ± 1.22 ^a	5.94 ± 0.64 ^a
K5	7.00 ± 1.12 ^a	5.60 ± 1.14 ^a	6.70 ± 1.89 ^{ab}	5.90 ± 1.74 ^{ab}	5.10 ± 1.68 ^a	5.40 ± 1.67 ^a	5.50 ± 1.79 ^a	6.22 ± 1.00 ^a

Note: The formulations were coded as follows: K1, control (natural salep); K2, modified rice starch; K3, modified corn starch; K4, modified potato starch; and K5, modified tapioca starch. Within the same column, values with different superscript letters (a–b) are significantly different according to Tukey's HSD test ($p < 0.05$).

Consistency scores were significantly influenced by the type of thickening agent used ($p < 0.001$). The control sample (K1) received the highest score (7.70), whereas the modified starch-containing samples scored between 5.20 and 5.80. According to Tukey's HSD test, K1 formed a distinct group, while K2–K5 did not differ significantly from one another (Table 2). The superior consistency of the control sample may be attributed to the rheological behavior of glucomannan, the principal functional polysaccharide of salep, in the milk system. Milk beverages containing salep glucomannan have been reported to exhibit shear-thinning and thixotropic behavior, while salep and other mannan-based hydrocolloids produce distinct viscosity and viscoelastic characteristics in dairy beverages (Yaşar et al. 2009). Furthermore, salep functions as both a thickening and stabilizing agent, and the characteristic dense texture of traditional salep beverages has been closely associated with their glucomannan content (Altaş et al. 2024).

Sweetness scores ranged from 6.50 to 7.70 and differed significantly among the formulations ($p < 0.05$). K1 received the highest score, whereas K2 received the lowest. The K3, K4, and K5 samples were classified as an intermediate group that did not differ significantly from either K1 or K2 (Table 2). Although all formulations contained the same amount of sucrose, differences in perceived sweetness may be explained by the influence of thickening agents on the rheological properties and mouthfeel of the beverages. Previous studies have demonstrated that ingredients affecting beverage viscosity can also modify mouthfeel as well as aroma and flavor perception, thereby influencing consumer evaluation (Alpaslan & Hayta 2007). Likewise,

Yılmaz et al. (2010) reported that both sweetener and dietary fiber concentrations significantly affected the consistency index and sensory scores of salep beverages. These findings indicate that sweetness perception is influenced not only by sugar concentration but also by the structural properties of the beverage.

Aroma scores ranged from 5.70 to 7.20, and significant differences were observed among the formulations ($p < 0.05$). K1 achieved the highest aroma score, whereas K2 received the lowest. K1 differed significantly from K2 and K3, while K4 and K5 were classified as an intermediate group (Table 2). The characteristic aroma and flavor of salep have previously been recognized as key contributors to the unique sensory profile of traditional salep beverages (Alpaslan & Hayta 2007). In addition, Arduzlar Kagan et al. (2014) reported that aroma, consistency, and overall acceptability varied among commercially processed salep beverages. Therefore, the higher aroma score of the control sample may be attributed to the inability of modified starches to provide the distinctive aromatic characteristics of natural salep. However, since volatile aroma compounds were not analyzed in the present study, this interpretation should be considered speculative.

Significant differences were observed among the samples in terms of perceived creaminess ($p < 0.001$). The control sample (K1) received the highest score (7.90), whereas the modified starch-containing samples scored between 5.10 and 5.40. K1 differed significantly from all other formulations, while K2–K5 belonged to the same homogeneous group (Table 2). Since identical milk and, consequently, similar actual fat contents were used in all formulations, the observed differences are more likely related to perceived creaminess and mouth-coating properties than to differences in fat content. Previous studies have shown that ingredients influencing beverage viscosity can alter mouthfeel and consumer perception (Alpaslan & Hayta 2007). In contrast, Ayçan and Yaşar (2025) reported that although different stabilizers affected consistency and mouthfeel in tahini milk beverages, they did not significantly influence creaminess scores. Therefore, the effects of hydrocolloids on perceived creaminess appear to depend on both the food matrix and the specific functional characteristics of the stabilizer employed.

The control sample (K1) exhibited the highest mouthfeel score (8.40), whereas the modified starch-containing samples received scores ranging from 5.40 to 5.50 and did not differ significantly from one another ($p < 0.001$; Table 2). Mouthfeel and perceived body are known to be closely associated with the viscosity and rheological properties of beverages. Alpaslan and Hayta (2007) reported that ingredients affecting the viscosity of salep beverages also

influence mouthfeel, and significant relationships exist between rheological parameters and sensory attributes. In the same study, a significant positive correlation was observed between mouthfeel and overall acceptability. Furthermore, Arduzlar Kagan et al. (2014) emphasized that appropriate consistency is essential for providing a pleasant mouthfeel in salep beverages. Therefore, the higher mouthfeel score of K1 may be attributed to the more pronounced rheological structure imparted by the glucomannan naturally present in salep and the resulting improvement in mouthfeel. These findings suggest that natural salep provides a fuller and more characteristic mouthfeel than modified starches.

Significant differences were observed among the samples in terms of aftertaste ($p < 0.001$). The control sample (K1) received the highest aftertaste score (8.20), whereas the modified starch-containing samples scored between 5.30 and 5.50. According to Tukey's HSD test, K1 differed significantly from all other formulations, while K2, K3, K4, and K5 did not differ significantly from one another (Table 2). Aftertaste is an important sensory attribute reflecting the aroma and flavor impressions that remain in the mouth after consumption and is one of the major determinants of overall consumer acceptability. The distinctive aroma compounds of natural salep, together with the characteristic mouthfeel provided by glucomannan, may have contributed to a more persistent and pleasant flavor perception after consumption. In contrast, although modified starches were able to provide a certain degree of thickening, they could not reproduce the characteristic aroma profile of natural salep, which may explain their lower aftertaste scores. However, since volatile aroma compounds were not analyzed in the present study, this explanation should be regarded as a plausible interpretation based solely on sensory observations.

The overall acceptability results were consistent with the other sensory attributes evaluated (Table 2). The control sample (K1) achieved the highest overall acceptability score (7.51), whereas the modified starch-containing formulations scored between 5.84 and 6.22 ($p < 0.001$). According to Tukey's HSD analysis, only K1 differed significantly from the other samples, while K2–K5 showed no significant differences among themselves. These findings indicate that the characteristic consistency, aroma, and mouthfeel provided by natural salep were preferred by the panelists. Similarly, Bozdoğan and Yaşar (2016) reported that the overall acceptability of salep beverages enriched with whey protein varied significantly depending on the formulation, with the control sample and the beverage containing 3% whey protein receiving the highest acceptability scores. Likewise, Altaş et al. (2024) demonstrated that replacing up to 30% of salep with chia seed mucilage did not adversely affect overall sensory acceptability,

whereas higher substitution levels tended to reduce sensory quality. Collectively, these findings indicate that the overall acceptability of salep beverages is strongly influenced by sensory attributes such as consistency, aroma, and mouthfeel imparted by the thickening agent.

4. Conclusions

This study compared the sensory properties of milk-based salep beverages prepared using different modified starches as substitutes for natural salep. It should be noted that the sensory evaluation was carried out with a relatively small panel of product-familiar assessors rather than a large, naïve consumer panel; therefore, the results reflect the relative acceptability of the formulations among consumers already familiar with salep beverages, and caution should be exercised when generalizing these findings to the broader consumer population. The results demonstrated that the type of thickening agent significantly influenced the sensory quality of the beverages. Although no significant differences were observed in color among the formulations, the control sample containing natural salep received significantly higher scores than all modified starch formulations for consistency, perceived creaminess, mouthfeel, aftertaste, and overall acceptability. For sweetness and aroma, significant differences were formulation-dependent, with some modified starch formulations belonging to intermediate homogeneous groups. Overall, the beverages prepared with modified rice, corn, potato, and tapioca starches showed broadly similar sensory characteristics.

The findings indicate that modified starches are capable of providing a certain degree of thickening in milk-based salep beverages; however, they cannot fully reproduce the characteristic aroma, mouthfeel, and overall sensory profile of natural salep. Nevertheless, considering the limited availability, high cost, and sustainability concerns associated with natural salep, modified starches may represent promising alternative thickening agents when used in optimized formulations or in combination with other hydrocolloids.

Future studies should investigate combinations of modified starches with hydrocolloids such as xanthan gum, guar gum, locust bean gum, and konjac glucomannan to develop formulations with sensory characteristics more closely resembling those of natural salep. In addition, future research should extend beyond sensory evaluation to include comprehensive investigations of the effects of modified starches on the rheological properties, viscosity behavior, textural characteristics, microstructure, and volatile aroma compounds of milk-based salep beverages. Such studies would provide a more comprehensive assessment of the potential of modified starches as substitutes for natural salep.

REFERENCES

- Alpaslan M, Hayta M. (2007). Effect of soymilk substitution on the rheological and sensory properties of salep (Traditional Turkish milk beverage). *International Journal of Food Properties* 10(3), 413–420. <https://doi.org/10.1080/10942910600813596>
- Altaş A, Gursoy O, Güler Dal HÖ, Yilmaz Y. (2024). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage powder as a stabilizer in the preparation of salep beverage. *Food Science & Nutrition* 12(8), 5619–5631. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4200>
- Arduzlar Kagan D, Boyacıoğlu MH, Boyacıoğlu D. (2014). Effects of temperature, shear rate and processing on the rheological properties of salep drink. *Italian Journal of Food Science* 26(3), 268–276.
- Arslan A, Sağdıç O, Karasu S, Tekin-Çakmak ZH. (2023). The effect of the use of salep powder obtained from different wild orchid species in Turkey on the rheological, thermal, and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology* 43, e103822. <https://doi.org/10.1590/fst.103822>
- Aycan E, Yaşar K. (2025). The effect of different stabilisers on the quality properties of tahini milk. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 28(2), 544–554. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1563485>
- Bozdoğan A, Yaşar K. (2016). Increasing the nutritional value of sahlep. *Journal of Food Physics* 28–29, 33–39.
- Chakraborty I, N P, Mal SS, Paul UC, Rahman MH, Mazumder N. (2022). An insight into the gelatinization properties influencing the modified starches used in food industry: A review. *Food and Bioprocess Technology* 15(6), 1195–1223. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02761-z>
- Chen B, Lin X, Liang Z, Chang X, Wang Z, Huang M, Zeng XA. (2025). Advances in food flavor analysis and sensory evaluation techniques and applications: Traditional vs emerging. *Food Chemistry* 494, 146235. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146235>
- Chen S, Qin L, Chen T, Yu Q, Chen Y, Xiao W, Xie J. (2022). Modification of starch by polysaccharides in pasting, rheology, texture and in vitro digestion: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* 207, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.02.170>
- Ece Tamer C, Karaman B, Utku Copur O. (2006). A traditional Turkish beverage: salep. *Food Reviews International* 22(1), 43–50. <https://doi.org/10.1080/87559120500379902>
- Gözübenli M, Yaşar K. (2026). Inulin and plant-derived fibers improve rheology, texture, melting resistance, and sensory acceptability of reduced-fat buffalo milk ice cream. *Scientia Agricola* 83, e20250051. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2025-0051>
- Karaman S, Kayacier A. (2010). Kakao tozu ile aromatize edilmiş geleneksel salep içeceğinin reolojik özellikleri (İngilizce). *Gıda* 35(6), 397–401. <https://izlik.org/JA59TZ94TP>
- Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. (1999). Affective tests: Consumer tests and in-house panel acceptance tests. In: *Sensory Evaluation Techniques*, pp. 231–263. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Rodrigues SS, Dias LG, Teixeira A. (2024). Emerging methods for the evaluation of sensory quality of food: Technology at service. *Current Food Science and Technology Reports* 2(1), 77–90. <https://doi.org/10.1007/s43555-024-00019-7>
- Sasikumar R, Das A, Kumar ST. (2026). Glucomannan: Sources, physiological mechanisms and applications of an emerging dietary fiber. *Sustainable Food Technology* 4, 1339–1349. <https://doi.org/10.1039/D5FB00488H>
- Sen MA, Palabiyik I, Kurultay S. (2018). The effect of saleps obtained from various Orchidaceae species on some physical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology* 39(1), 82–87. <https://doi.org/10.1590/fst.26017>
- Sinhmar A, Pathera AK, Sharma S, Nehra M, Thory R, Nain V. (2023). Impact of various modification methods on physicochemical and functional properties of starch: A review. *Starch – Stärke* 75(1–2), 2200117. <https://doi.org/10.1002/star.202200117>
- Tekinşen KK, Güner A. (2010). Chemical composition and physicochemical properties of salep obtained from different Orchidaceae species. *Food Chemistry* 121(2), 468–471. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.066>

- Turgay Ö, Çınar İ. (2017). Salep: The name of the plant, powder, hot beverage, food ingredient. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 20(3), 68–71. <https://doi.org/10.17780/ksujes.341382>
- Turkmen N, Gursoy A, Akal C, Unal EM, Keskin E. (2021). Evaluation of salep obtained from different wild orchid species of Turkey and their use in Maras type ice cream. Journal of Food Processing and Preservation 45(12), e16063. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16063>
- Yaşar K, Bozdoğan A. (2018). Effect of the use of different whey proteins on some properties of sahlep beverage prepared from functional sahlep powder. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology 6(5), 520–523. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i5.520-523.1590>
- Yaşar K, Kahyaoglu T, Şahan N. (2009). Dynamic rheological characterization of salep glucomannan/galactomannan-based milk beverages. Food Hydrocolloids 23(5), 1305–1311. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.11.005>
- Yaşar K, Yeydem A. (2026). Influence of culture and stabilizer types on melting behavior, texture, fatty acid profile, and rheology of buffalo milk frozen yogurt. Food and Humanity 7, 101251. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2026.101251>
- Yılmaz MT, Sert D, Karakaya M, Tiske SS. (2010). Optimization of the effect of sweetener and dietary fiber on rheological and sensory properties of salep beverage. Journal of Texture Studies 41(6), 804–824. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00256.x>
- Zia-ud-Din, Xiong H, Fei P. (2017). Physical and chemical modification of starches: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 57(12), 2691–2705. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1087379>

DÜŞÜK KALİTELİ DOĞAL ÇATLAKLARA SAHİP SIKI MATRİSLİ KARBONAT REZERVUARLARINDA CO₂ ENJEKSİYONU SIRASINDA YERÇEKİMİ DRENAJININ ETKİSİ: BİR SAHA ÇALIŞMASI

M. Sc. Murat Can ÜLKER

Department of Petroleum and Natural Gas Engineering, Middle East Technical University, Ankara

ORCID ID: 0009-0007-2102-0560

Assistant Professor Dr. Mehmet Onur DOĞAN

Department of Petroleum and Natural Gas Engineering, Middle East Technical University, Ankara

ORCID ID: 0000-0002-9043-6187

ÖZET

Karışabilir ve karışmaz karbondioksit enjeksiyonu, hafif petrol rezervuarlarında petrol kazanımını artırmak amacıyla uzun süredir uygulanmaktadır. Doğal çatlaklı sistemlerde CO₂'nin düşük viskozitesi hareketlilik oranını ve yer değiştirme davranışını etkilerken, gazla dolu çatlaklar ile petrole doygun matris blokları arasındaki yoğunluk farkı yerçekimi etkili drenajı desteklemektedir. Bu çalışma, sıkı matrisli ve düşük kaliteli çatlaklara sahip bir karbonat rezervuarında, çift gözeneklilikli akış formülasyonunda yer alan yerçekimi drenajı teriminin özgül katkısını değerlendirmektedir. G-Sahası için saha ölçekli geçmiş eşleştirmesi gerçekleştirildikten sonra, sürekli CO₂ enjeksiyonu ile bas-beklet-üret yöntemi gelişmiş petrol kazanım teknikleri olarak modellenmiştir. Enjeksiyon sırasında CO₂ öncelikli olarak çatlak ağını doldurmakta ve böylece matris bloklarındaki petrolü çatlaklara doğru hareket ettiren bir yoğunluk farkı oluşturmaktadır. Bu nedenle matris-çatlak arasındaki akışkan transferi başlıca yerçekimi drenajı, kapiler kuvvetler ve iki ortam arasındaki basınç farkları tarafından kontrol edilmektedir. Matrisin düşük geçirgenliği nedeniyle, matris içerisindeki doğrudan gaz süpürme etkinliği sınırlı kalmaktadır. Yerçekimi drenajının katkısı, sayısal çözücünde yerçekimi drenajı teriminin bulunduğu ve kaldırıldığı simülasyonların karşılaştırılması yoluyla nicel olarak belirlenmiştir. Karışmaz CO₂ enjeksiyonu, toplam petrol kazanım faktörünü %11,43 oranında artırmıştır. Yerçekimi drenajı terimi kaldırıldığında ise kazanım faktörü %6,35 oranında azalmıştır. Bu sonuç, yerçekimi etkili matris-çatlak transferinin toplam kazanım mekanizmasının önemli bir bileşenini oluşturduğunu göstermektedir. Sürekli CO₂ enjeksiyonu önemli bir kazanım artışı sağlamıştır; ancak bas-beklet-üret yöntemi daha yüksek bir performans göstermiştir. Bekletme süresi, CO₂'nin sıkı matrise difüzyonu ve matriste tutulan petrolün hareketlendirilmesi için ek zaman sağlamıştır. Sonuç olarak, bas-beklet-üret yöntemi, sürekli CO₂ enjeksiyonuna kıyasla kazanım faktörünü ilave %4,3 oranında artırmıştır. Bu çalışma, yerçekimi etkili akış bileşenini açık biçimde ayrıştırarak, karışmaz CO₂ enjeksiyonu altında sıkı ve doğal çatlaklı karbonat rezervuarlarında yerçekimi drenajının nicel bir

değerlendirmesini sunmaktadır. Ayrıca çalışma, düşük geçirgenlik, zayıf çatlak kalitesi ve sınırlı süpürme etkinliği ile karakterize edilen zorlu rezervuar koşullarında, bekletme sürelerinin matris kazanımını iyileştirmedeki ilave değerini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Karışmaz CO₂ enjeksiyonu; yerçekimi drenajı; çift gözeneklilik modellemesi; doğal çatlaklı karbonat rezervuarları; CO₂ bas-beklet-üret yöntemi

**EFFECT OF GRAVITY DRAINAGE ON TIGHT MATRIX CARBONATE
RESERVOIR WITH LOW QUALITY NATURAL FRACTURES ON CARBON-
DIOXIDE INJECTION: A CASE STUDY**

ABSTRACT

Miscible and immiscible carbon dioxide injection have long been applied to enhance oil recovery from light-oil reservoirs. In naturally fractured systems, the low viscosity of CO₂ influences mobility and displacement behavior, while density contrasts between gas-filled fractures and oil-saturated matrix blocks promote gravity-driven drainage. This study evaluates the specific contribution of the gravity drainage term in the dual-porosity flow formulation for a tight-matrix, low-quality fractured carbonate reservoir. Following field-scale history matching of the G-Field, continuous CO₂ injection and huff-and-puff injection were simulated as enhanced oil recovery methods. During injection, CO₂ preferentially occupies the fracture network, generating a density contrast that drives oil from the matrix blocks into the fractures. Matrix–fracture fluid transfer is therefore controlled mainly by gravity drainage, capillary forces, and pressure differences between the two continua. Because of the low permeability of the matrix, direct gas sweep within the matrix remains limited. The contribution of gravity drainage was quantified by comparing simulations performed with and without the gravity drainage term in the numerical solver. Immiscible CO₂ injection increased the overall oil recovery factor by 11.43%. When the gravity drainage term was removed, the recovery factor decreased by 6.35%, demonstrating that gravity-driven matrix–fracture transfer constitutes a major component of the recovery mechanism. Continuous CO₂ injection produced a substantial recovery improvement; however, the huff-and-puff process achieved superior performance. The soaking period allowed additional time for CO₂ to diffuse into the tight matrix and mobilize retained oil. Consequently, huff-and-puff injection increased the recovery factor by a further 4.3% relative to continuous injection. By explicitly isolating the gravity-driven flow component, this study provides a quantitative assessment of gravity drainage in tight naturally fractured carbonate reservoirs under immiscible CO₂ injection and demonstrates the added value of soaking periods for improving matrix recovery under typical challenging low-permeability, weak-fracture, and limited-sweep reservoir conditions.

Keywords: Immiscible CO₂ injection; gravity drainage; dual-porosity modeling; naturally fractured carbonate reservoirs; CO₂ huff-and-puff

AL/METİLEN MAVİSİ/*P*-Sİ YAPISININ KAPASİTAS-VOLTAJ (*C-V*) VE KONDÜKTANS-VOLTAJ (*G/ω-V*) KARAKTERİSTİKLERİNİN DÜŞÜK FREKANSLARDA İNCELENMESİ

Halil ÖZERLİ

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Düziçi Meslek Yüksek Okulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma
Teknolojileri Bölümü, Düziçi, Osmaniye/Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-7484-2962>

Sorumlu yazar: halilozerli@osmaniye.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada, Al/Metilen Mavisi/*p*-Si Schottky yarıiletken yapısının oda sıcaklığındaki kapasitans-voltaj (*C-V*) ve kondüktans-voltaj (*G/ω-V*) karakteristikleri, $\pm 2,0$ V gerilim aralığında ve 100–500 kHz frekans aralığında incelenmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan *p*-tipi Si kristali hazır olarak temin edilmiştir. Kontak yapımından önce *p*-tipi Si kristali ağır kirlerden arındırılması için RCA yöntemi kullanılarak kimyasal olarak temizlenmiştir. Temizleme işleminin ardından *p*-tipi Si kristali azot gazıyla kurutularak kaplama yapımına hazır hale getirilmiştir. Hazırlanmış olan *p*-tipi Si kristalin bir yüzeyine omik kontak oluşturmak amacıyla %99 saflıktaki alüminyum (Al) metali termal buharlaştırma yöntemiyle Nanovak NVTE-300 cihazı kullanılarak kaplanmıştır. Omik kontak yapımının ardından, etanolde çözülerek hazırlanan 10^{-2} molar (M) metilen mavisi (MB) çözeltisi, yarıiletken kristalin diğer yüzeyine ara yüzey tabakası oluşturacak şekilde homojen olarak kaplanması için döndürerek kaplama (spin-coating) yöntemi kullanılarak kaplanmıştır. Ara yüzey kaplaması yapılmış olan kısma 1mm çapında maske yerleştirilerek %99 saflıktaki alüminyum (Al) metali termal buharlaştırma yöntemiyle buharlaştırılarak doğrultucu kontak oluşturulmuştur. Elde edilen Al/Metilen Mavisi/*p*-Si Schottky yarıiletken yapısının kapasitans-voltaj (*C-V*) ve kondüktans-voltaj (*G/ω-V*) ölçümleri, ST2826/A High Frequency LCR Meter cihazı kullanılarak 100-500 kHz frekans aralığında ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, uygulanan gerilimin artmasıyla kapasitans ve kondüktans değerlerinin belirgin bir şekilde arttığını, buna karşılık frekansın artmasıyla her iki parametrenin de azalma eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: *p*-tipi Si, *C-V*, *G/ω -V*, Metilen Mavisi

ABSTRACT

In this study, the capacitance-voltage (*C-V*) and conductance-voltage (*G/ω-V*) characteristics of the Al/Methylene Blue/*p*-Si Schottky semiconductor structure at room temperature were investigated over a voltage range of ± 2.0 V and a frequency range of 100–500 kHz. The *p*-type Si crystal used in the experimental study was purchased ready-made. Prior to contact fabrication, the *p*-type Si crystal was chemically cleaned using the RCA method to remove

heavy contaminants. Following the cleaning process, the p-type Si crystal was dried with nitrogen gas to prepare it for coating. To form an ohmic contact on one surface of the prepared p-type Si crystal, 99% pure aluminum (Al) was deposited using the thermal evaporation method with a Nanovak NVTE-300 device. After the ohmic contact was formed, a 10^{-2} molar (M) methylene blue (MB) solution prepared by dissolving the compound in ethanol was applied to the other surface of the semiconductor crystal using the spin-coating method to form a homogeneous interfacial layer. A 1-mm-diameter mask was placed over the area with the intermediate layer, and a 99% pure aluminum (Al) metal was deposited via thermal evaporation to form the drain contact. Capacitance-voltage ($C-V$) and conductance-voltage ($G/\omega-V$) measurements of the resulting Al/Methylene Blue/p-Si Schottky semiconductor structure were performed using an ST2826/A High Frequency LCR Meter in the 100–500 kHz frequency range at room temperature. Experimental results have shown that capacitance and conductance values increase significantly as the applied voltage increases, whereas both parameters tend to decrease as the frequency increases.

Keywords: p-type Si, $C-V$, $G/\omega-V$, Methylene Blue

GİRİŞ

Metal-yarıiletken (MY) kontaklar, elektronik ve mikrodalga diyotlar, gaz sensörü ve güneş pilleri gibi optoelektronik uygulamalarda ve elektronik hayatın birçok alanında yaygın olarak kullanılan doğrultucu kontaklardır. MY kontaklar üzerine yapılan çalışmalar özellikle günümüz dünyasında savunma ve saldırı sanayinin hızlı şekilde ilerlemesinden dolayı her geçen gün artış göstermektedir. Ayrıca elektronik cihazlarda kullanım süresini artırmak için cihazların enerji depolama kapasitesini artırmak gerekmektedir. Bundan dolayı üretilen MY yapılar da amaç kapasitans değerini artırmaktır. Bu nedenle MY yapıların ara yüzeyinde kullanılan malzemelerin özellikleri önem kazanmaktadır. Çünkü MY yapıların kapasitans değeri ara yüzeyde kullanılan malzemenin türüne ve cinsine göre değişiklik gösterir. Ayrıca ara yüzeyde farklı tür yapıları kullanmanın amacı düşük üretim maliyetine sahip ve yüksek performanslı yarıiletken cihazlar üreterek kapasitansın değerini artırmaktır. Bu çalışmada da metilen mavisi özellikle hızlı üretim ve düşük maliyet avantajına sahip olmasından dolayı arayüzey elemanı olarak tercih edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Deneyisel çalışmamızda ilk önce Silisyum (Si) yarıiletkeni temizlemek için kimyasal temizleme işlemi olarak RCA [1] temizleme yöntemi kullanılmıştır. RCA temizleme sürecinden sonra yarıiletken kristal nitrojen gazı ile kurutulmuştur. Termal buharlaştırma cihazıyla (Nanovak NVTE-300) Si yarıiletkenin arka tarafına %99 saflıktaki Al buharlaştırılarak omik kontak

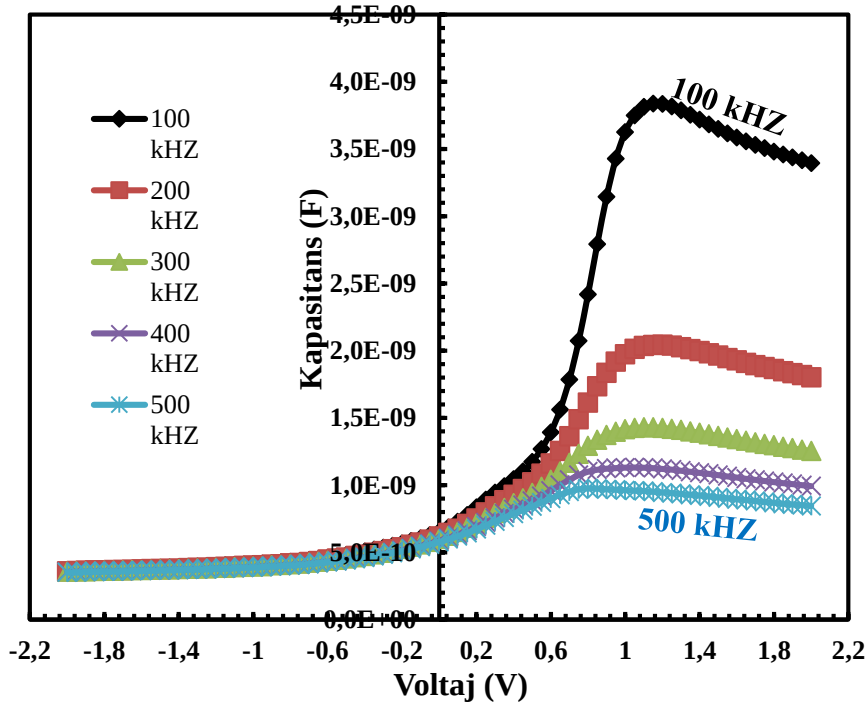
yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra *p*-tipi Si yarıiletken üzerine ethanolde çözülmüş olan metilen mavisi ince filmi homojen olarak Spin Coating (6800 Spin Coater) yöntemi kullanılarak kaplanmıştır. Kaplama işleminin ardından metinel mavisi kaplanmış tarafa maske konularak termal buharlaştırma cihazıyla doğrultucu kontak oluşturulmuştur. Hazırlanan Al/Metilen Mavisi/*p*-Si yarı iletken yapısının *C-V* ve *G/ω-V* ölçümleri bir ST2826/A High Frequency LCR Meter 100 kHz ve 500 kHz frekans ve ± 2.0 voltaj aralığında ölçümler alınmıştır. Al/Metilen Mavisi/*p*-Si yarı iletken yapısı şekil-1 de şematik olarak gösterilmiştir.



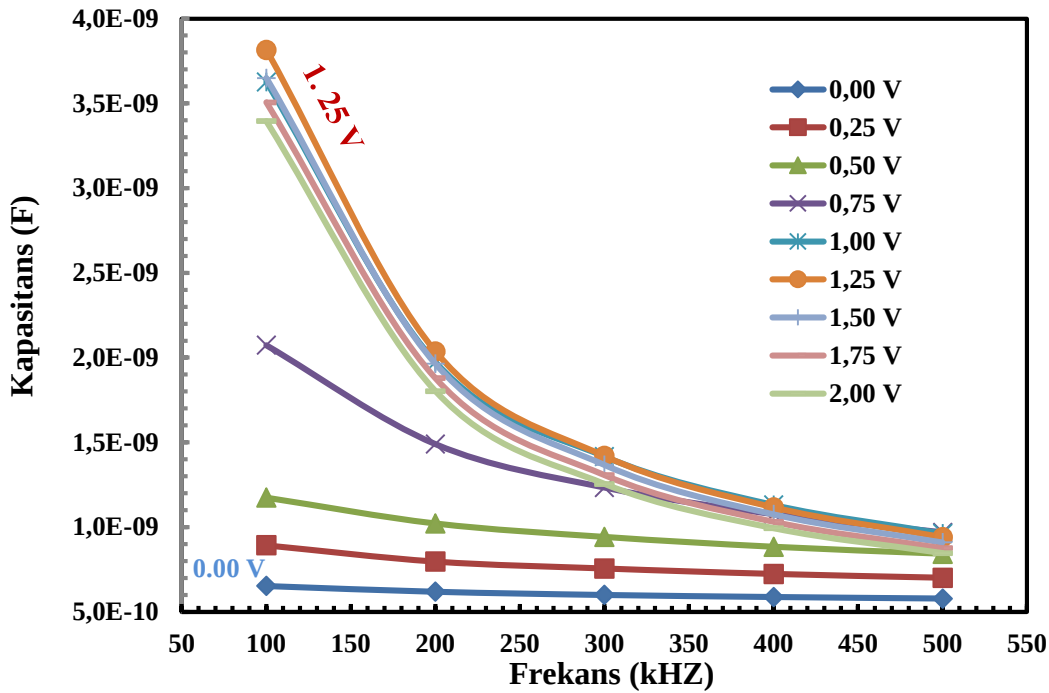
Şekil1: Al/Metilen Mavisi/*p*-Si yarı iletken yapısının şematik gösterimi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Al/Metilen Mavisi/*p*-Si yarı iletken yapısının *C-V* ölçümleri 100 kHz ve 500 kHz frekans ve ± 2.0 voltaj aralığında alınmış olup şekil 2 de gösterilmiştir. Şekil 2 de görüldüğü gibi, kapasitans değerleri hem voltaja ve hem de frekansa bağlıdır. Ancak, negatif voltajlarda değişim oldukça küçüktür, pozitif voltajlarda ise değişim büyüktür. Yani, pozitif voltajlarda, görülebileceği gibi, kapasitans değerleri artan frekansla azalır [2-3]. Ayrıca *C-V* eğrileri 0,8 V ile 1,1V aralığında pik verirken değerleri de artan frekansla azalmaktadır. Kapasitansın bu pik değerlerinin varlığı genellikle yarı iletken yapılarda ara-yüzey durumlarında sürekli bir dağılımın var olduğunu gösterir [4].

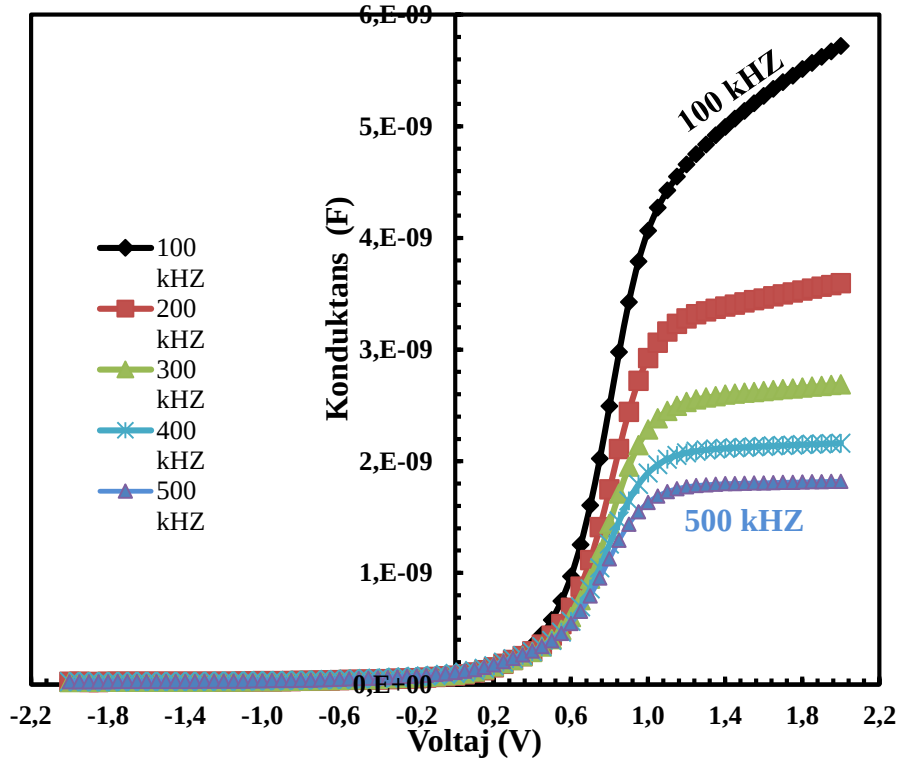


Şekil 2: Al/Metilen Mavisi/p-Si yarı iletken yapısının kapasitans-voltaj (C-V) grafiği.



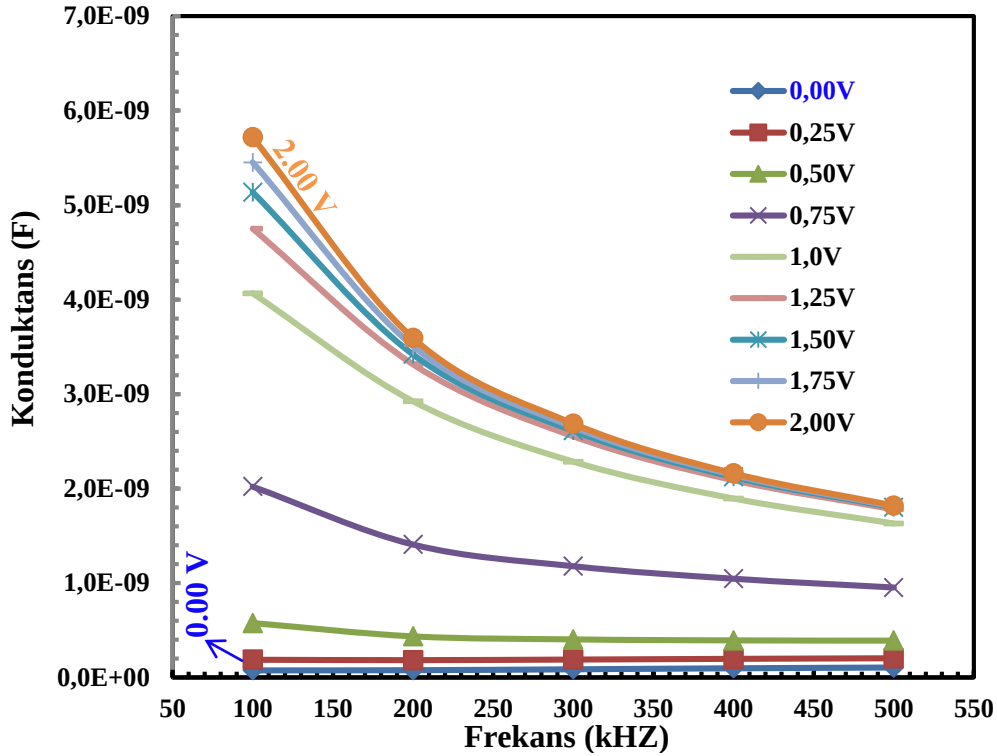
Şekil 3: Al/Metilen Mavisi/p-Si yarı iletken yapısının kapasitans-frekans (C-f) grafiği.

Ayrıca, Şekil 3'te görüldüğü gibi Al/Metilen Mavisi/p-Si tipi yarı iletken yapının kapasitans ve frekans değerlerindeki değişimleri, 0,25V'luk adımlarla 0,00V-2,00V aralığında gösterilmektedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi yarı iletken yapının kapasitans değerleri, frekanstaki artışla birlikte hızla azalmıştır.



Şekil 4: Al/Metilen Mavisi/p-Si yarı iletken yapısının kondüktans-voltaj (G/ω -V) grafiği.

Şekil 4'te kondüktans- voltaj grafiğinin de görüldüğü gibi artan frekansla kondüktans değerleri de azalmıştır. Ayrıca pozitif voltaj değerlerine gidildikçe grafiğin bir pik verdiği görülmekte ve sonrasında kondüktans değerleri neredeyse sabit kalmaktadır. Bu durum, doğru voltaj altında kapasitansın düşmesine bağlı olarak daha etkin bir iletimin sağlanması ve seri direncin azalması ile açıklanabilir. Bu sonuç arayüzey durumlarının azaldığını da ortaya koyan bulgulardan biridir [5]. Aynı zamanda, şekil 5'te görüldüğü gibi Al/Metilen Mavisi/p-Si tipi yarı iletken yapının kondüktans ve frekans değerlerindeki değişimleri, 0,25V'luk adımlarla 0,00V-2,00V aralığında gösterilmektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi yarı iletken yapının kondüktans değerleri, frekanstaki artışla birlikte hızla azalmakta ve voltajın artmasıyla da artmaktadır.



Şekil 5: Al/Metilen Mavisi/p-Si yarı iletken yapısının kondüktans-frekans (G/ω -V) grafiği.

SONUÇ

Bu çalışmada, Al/Metilen Mavisi/p-Si tipi yarıiletken yapıların kapasitans-voltaj (C-V) ve kondüktans-voltaj (G/ω -V) ölçümleri kullanılarak ± 2.0 voltaj aralığında ve frekansa bağlı değişimleri oda sıcaklığında incelendi. Deneysel sonuçlar gösterdi ki kapasitans ve kondüktans değerleri hem voltaja ve hem de frekansa bağlıdır. Ayrıca, Al/Metilen Mavisi/p-Si tipi yarıiletken yapıların kapasitans ve kondüktans değerleri, frekanstaki artışla birlikte hızla azaldı. Bu durum, doğru voltaj altında kapasitansın düşmesine bağlı olarak daha etkin bir iletimin sağlanması ve seri direncin azalması ile açıklanabilir. Aynı zamanda, bu sonuç arayüzey durumlarının azaldığını da ortaya koyan bulgulardan biridir. Sonuç olarak, kapasitans ve kondüktans değerlerinin artan frekansla azalması metal yarıiletken ara yüzeyinde metilen mavisi ince film tabakasının varlığına atfedilir.

KAYNAKÇA

- [1] <https://www.inrf.uci.edu/wordpress/wp-content/uploads/sop-wet-silicon-rca-1.pdf>
- [2] Baştuğ A., Khalkhali A., Sarıtaş S., Yıldırım M., Güçlü Ç.Ş., Altındal Ş. Electrical properties, conduction mechanisms, and voltage dependent curves of interface traps, series resistance in Au/(Sn:Fe₂O₃)/n-Si structures using impedance measurements. Journal of Materials Science: Materials in Electronics 2025; 36(16): 941.
- [3] Şafak Asar Y., Feizollahi Vahid A., Basman N., Çetinkaya HG., Altındal Ş. Frequency-dependent electrical parameters and extracted voltage-dependent surface states in Al/DLC/p-Si structure using the conductance method. Applied Physics A 2023; 129(5): 358.

- [4] Karataş S., Yakuphanoglu F., Amanullah FM. Capacitance–voltage and conductance–voltage characteristics of Ag/n-CdO/p-Si MIS structure prepared by sol–gel method. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 2012; 73(1): 46-51.
- [5] Güçlü ÇŞ., Tanrikulu EE., Ulusoy M., Kalandargh YA., Altındal Ş. Frequency-dependent physical parameters, voltage-dependent profile of surface traps and their lifetime of Au/(ZnCdS-GO:PVP)/n-Si structures using the conductance method. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 2024; 35(5): 348-360

Al/PTCDA/p-Si YARI İLETKEN YAPILARININ IŞIK YOĞUNLUĞUNA BAĞLI SERİ DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğrt. Üyesi. Halil ÖZERLİ

Osmaniye Korkut Ata University, Duzici Vocational School, Department of Motor Vehicles and
Transportation Technologies, 80600-Düziçi/Osmaniye, Turkey

ORCID ID: 0000-0001-7484-2962

Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Sciences, Department of Physics, 46100-
Kahramanmaraş, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-1668-7866

ÖZET

Bu çalışmada, oda sıcaklığında (300 K) karanlıkta, oda ışığında ve farklı ışık şiddetleri altında ($10\text{--}100\text{ mW cm}^{-2}$) perilenetettrakarboxilik dianhidrit (PTCDA) ara yüzeyli Al/p-tipi Si yapılarının akım-voltaj ($I\text{--}V$) ölçümleri kullanılarak farklı metotlarla elde edilen seri dirençleri incelendi ve karşılaştırıldı. Organik bir boya molekülü ve organik bir yarı iletken olan PTCDA çözeltisi Spin kaplama tekniği kullanılarak ara yüzeye ince bir film tabakası olarak Si yarıiletken tabakanın üzerine kaplandı. Doğrultucu kontak ve omik kontak olarak alüminyum (Al) metali kullanıldı. Böylece, Al/PTCDA/p-tipi Si yarıiletken yapının seri direnç (R_s) değerleri Ohm, Cheungs ve Norde yöntemleri kullanılarak elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Böylece, Ohm, Cheungs ve Norde fonksiyonları kullanılarak karanlık ortamda seri direnç değerleri sırasıyla $6619\ \Omega$, $1180\ \Omega$, $1287\ \Omega$ ve $1436\ \Omega$ olarak elde edilirken 100 mW cm^{-2} ışık şiddeti değerlerindeki seri direnç değerleri ise $636\ \Omega$, $179\ \Omega$, $193\ \Omega$ ve $259\ \Omega$ olarak elde edildi. DeneySEL sonuçlar, ışık yoğunluğunun artmasıyla Al/PTCDA/p-tipi Si yarıiletken yapının seri direnç (R_s) değerlerinin azaldığını göstermiştir. Ancak Ohm yasasından veya termiyonik emisyon teorisinden elde edilen seri direnç değerlerinin Norde metodunda elde edilenlerden daha büyük olduğunu ve buna bağlı olarak da Norde metodunda elde edilen değerlerinde Cheung fonksiyonlarında elde edilen seri direnç değerlerinden daha büyük olduğunu göstermiştir. Bu durum gösteriyor ki seri direnç değerlerinin farklı olmasının nedeni ise $I\text{--}V$ eğrilerinde farklı bölgelerin dikkate alınmasından dolayıdır. Ayrıca, PTCDA ara katmanlı Al/p-Si yapılarının elektriksel özelliklerinin temel karakteristiklerinden biri olan seri direncin ışık yoğunluğuna karşı hassas olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: p-Si, PTCDA, Işık şiddeti, Seri direnç

INVESTIGATION OF THE LIGHT INTENSITY-DEPENDENT SERIES RESISTANCES OF Al/PTCDA/p-Si SEMICONDUCTOR STRUCTURES

ABSTRACT

In this study, the series resistance values of perillenetetracarboxylic dianhydride (PTCDA) interfaced Al/p-type Si structures were investigated and compared at room temperature using current-voltage (I - V) measurements in the dark, under room light, and at different light intensities (10 – 100 mW cm^{-2}). An organic dye molecule and a PTCDA solution, an organic semiconductor, were coated onto a Si semiconductor layer as a thin film layer at the interface using spin coating technique. Aluminum (Al) metal was used as the rectifier contact and ohmic contact. Thus, the series resistance (R_s) values of the Al/PTCDA/p-type Si semiconductor structure were obtained and compared using thermionic emission, Ohm, Cheung, and Norde methods. Thus, Using Ohm, Cheungs, and Norde functions, the series resistance values in the dark were obtained as 6619Ω , 1180Ω , 1287Ω , and 1436Ω while the series resistance values at a light intensity of 100 mW cm^{-2} were obtained as 636Ω , 179Ω , 193Ω , and 259Ω , respectively. Experimental results showed that the series resistance (R_s) values of the Al/PTCDA/p-type Si semiconductor structure decreased with increasing light intensity. However, it was found that the series resistance values obtained using Ohm's law or thermionic emission theory were larger than those obtained using the Norde method, and consequently, the values obtained using the Norde method were also larger than the series resistance values obtained using Cheung functions. This shows that the difference in series resistance values is due to the consideration of different regions in the I - V curves. Furthermore, it has been observed that series resistance, one of the fundamental characteristics of the electrical properties of PTCDA interlayer Al/p-Si structures, is sensitive to light intensity.

Keywords: p-Si, PTCDA, Light intensity, Series resistance

GİRİŞ

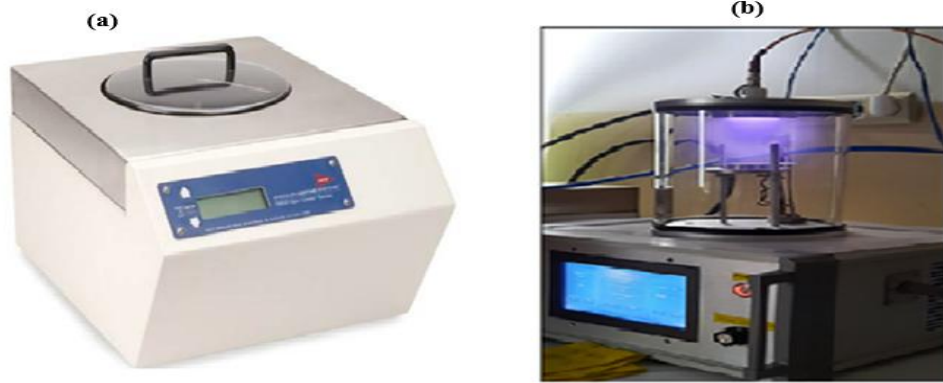
Metal yarı iletken (MS) yapılar elektrik devre elamanlarının temelini teşkil ettiğinden dolayı özellikle son yıllarda üzerinden en fazla çalışılan bilimsel konulardan birisidir. Çünkü elektronik sanayisinin temelini devre elemanları oluşturduğundan silikon (Si) esaslı/temeli yarıiletken yapılar her zaman teknolojinin de vaz geçilmez yapıları olarak bilinmektedir. Esasında, metal-yarıiletken yapılar olarak bilinen yarıiletken elektronik teknolojisinin tarihçesi 18. yüzyılın sonlarına doğru gündem olmakla beraber temel bilimsel çalışmalar 1960 yıllardan sonra önem kazanmıştır. Si yarı iletken malzeme diğer malzemeler arasında ideal bir bant aralığı ($E_g=1.12 \text{ eV}$) genişliğine sahip olduğundan ve ayrıca doğada çok fazla bulunduğundan

dolayı yarıiletken elektronik teknolojisinde en fazla kullanılan malzeme olarak önem arz etmektedir [1-4]. Yarıiletken yapılar ilk önce metal ve yarıiletken kontaklardan oluşmaktaydı ancak gelişen elektronik teknolojinin gereksinimlerin daha kararlı bir şekilde karşılanması için metal yarıiletken yapıların arasına ara-yüzey tabaka olarak bilinen ince bir film tabakası (oksit, polimer, boyar madde veya iletkenler gibi) kaplanarak yarıiletken yapının kullanım amacına göre daha kararlı veya kontrol edilebilir olması sağlanmış oldu. Bu çalışmamızda ara yüzey malzemesi olarak organik bir boya molekülü bilinen ve aynı zamanda organik bir yarı iletken olan perylenetetra-carboxylic dianhydride (PTCDA) kullanılmıştır. PTCDA malzemesini kullanmamızın nedeni ara yüzey tabakasında yük geçişlerinin kontrolünü sağlayarak daha kararlı devre elemanlarının üretimini sağlamaktır. Aynı zamanda, PTCDA; elektronik ve opto-elektronik uygulamaların büyük çoğunluğunda kullanılabilen, yüksek oranda kristal yapılı filmler ve boyalar oluşturan bir perilen türevi bir malzemedir ve düşük moleküller arası mesafesi sayesinde yüksek elektron hareketliliği sağladığından dolayı da π - π konjugasyonuna yol açar. Al/PTCDA/*p*-tipi Si yarıiletken yapısını oluşumunu sağlamak için, ilk önce *p*-Si yarıiletken kristali üzerine kimyasal (RCA) temizleme işlemi yapıldı [5], daha sonra vakum buharlaştırma ünitesinde Si yarıiletkenin arka/mat tarafına alüminyum (Al) metali buharlaştırıldı ve daha sonra ise Spin kaplama cihazı/döndürerek kaplama yöntemi (6800 Spin Coater Serisi) kullanılarak PTCDA çözeltisi ince film tabakası olacak şekilde *p*-Si yarıiletken yapının parlak/diğer tarafına homojen olarak kaplandı. En son olarak da tekrar vakum buharlaştırma ünitesinde Al metali PTCDA film tabakasının üzerine doğrultucu kontaklar olacak şekilde kaplandı ve böylece Al/PTCDA/*p*-tipi Si yarıiletken yapısı oluştu. Bu çalışmada amacımız; Al/PTCDA/*p*-tipi Si yarıiletken yapısının farklı ışık şiddetlerinde ve ortamda seri dirençlerinin nasıl değiştiğini detaylı olarak incelemektir.

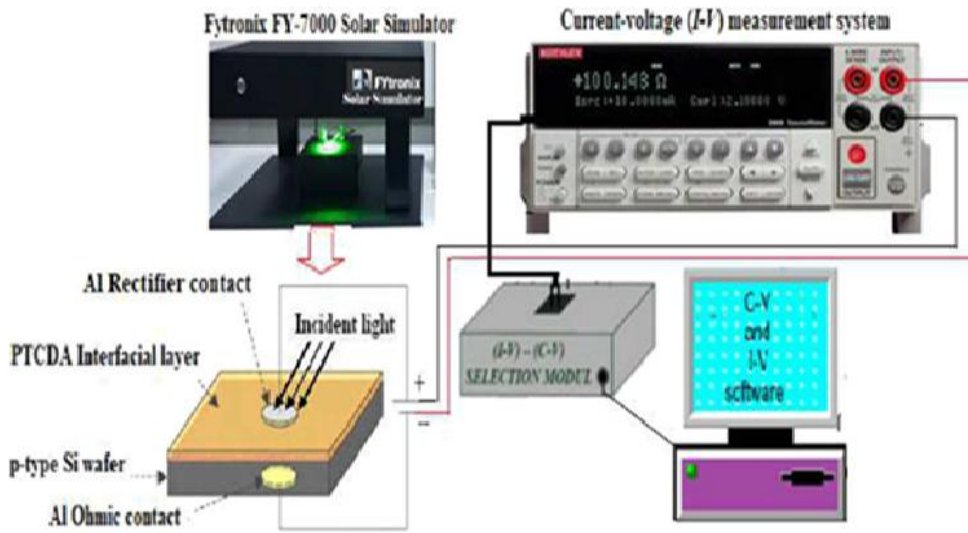
MATERYAL VE METOT

Deneyisel çalışmamızda ilk önce Silisyum (Si) yarıiletkeni temizlemek için kimyasal temizleme işlemi olarak RCA [5] temizleme yöntemi kullanıldı. RCA1 temizleme sürecinden sonra yarıiletken kristal nitrojen gazı ile kurutuldu. Termal buharlaştırma ile Si yarıiletkenin arka tarafına Al omik kontak yapıldı. Bu işlemlerden sonra *p*-tipi Si yarıiletken üzerine hazırlanmış PTCDA çözeltisi homojen olarak Spin Coating (6800 Spin Coater) yöntemi (Şekil 1 (a)) kullanılarak kaplandı. Bu işlemten sonra Si yarıiletkenin doğrultucu tarafına yani PTCDA ince film tabakasının üzerine 1 mm çapında doğrultucu kontak olarak Al kontaklar oluşturuldu (Şekil 1 (b)). Hazırlanan Al/PTCDA/*p*-Si yarıiletken yapıların akım-voltaj (*I*-*V*) ölçümleri için

ise Şekil-2 de gösterildiği gibi Keithley 2400 Source Meter ve Fytronix FY-7000 Solar Simulator Characterization System kullanıldı.



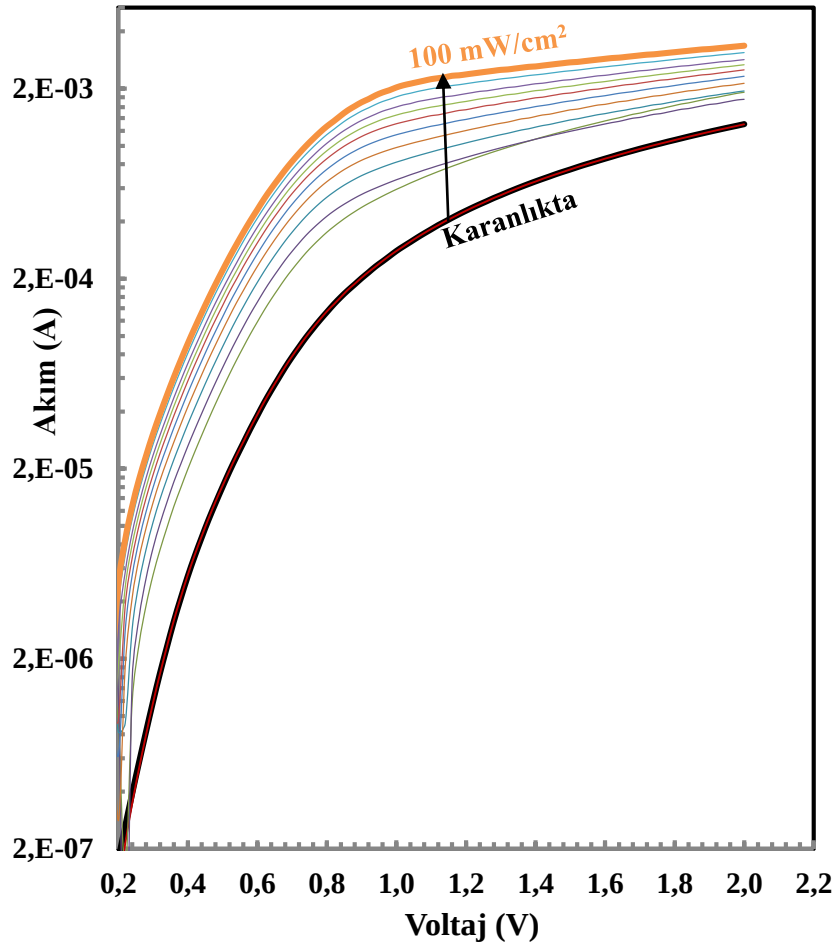
Şekil 1: (a) 6800 Spin Coater cihazı, (b) Vakum buharlaştırma ünitesi



Şekil 2: Al/PTCDA/p-Si yapısının akım-voltaj ($I-V$) ölçümlerini elde etmek için ölçüm cihazının şematik görünümü

BULGULAR VE TARTIŞMA

Al/PTCDA/p-Si yarı iletken yapısının farklı ortamlarda akım-voltaj ($I-V$) eğrileri Şekil-3 te gösterilmiştir. Şekil 3 te gösterildiği gibi pozitif voltaj bölgesine $I-V$ eğrilerinin voltaja karşı akım değerleri değişmektedir ve bu değişimleri üç farklı bölgeye ayrılabilir. Genellikle düşük voltajlarda veya başlangıç voltajlarında lineer bir bölge (0.2 V-0.6 V arası) ve daha sonra orta voltaj bölgelerinde ise seri dirençleri başladığı ikinci bir bölge (0.6 V-1.12 V arası) ve en son olarak bilinen bölge ise yüksek voltajlarda (1.12 V -3.0 V arası) akımın değişmediği veya çok az değiştiği bölge olarak bilinen üçüncü bölgedir. Tabii ki bu bölgelerde her zaman seri direnç sabit değildir ve verilen voltaja bağlı olarak akım değerleri de değiştiğinden dolayı seri direnç değerleri de değişmektedir. Şekil-3 te görüldüğü gibi artan ışık şiddetine bağlı olarak akım değerleri de artmaktadır.

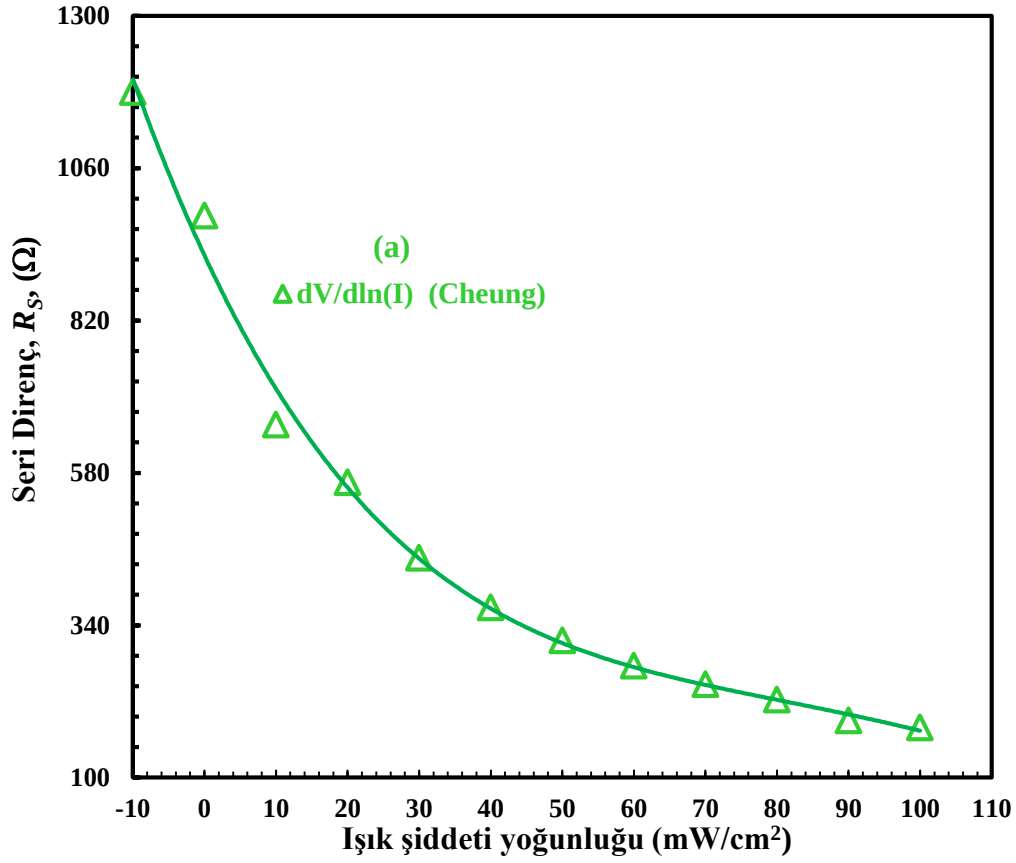


Şekil 3. Al/PTCDA /p-Si yapısının akım-voltaj (I-V) eğrileri

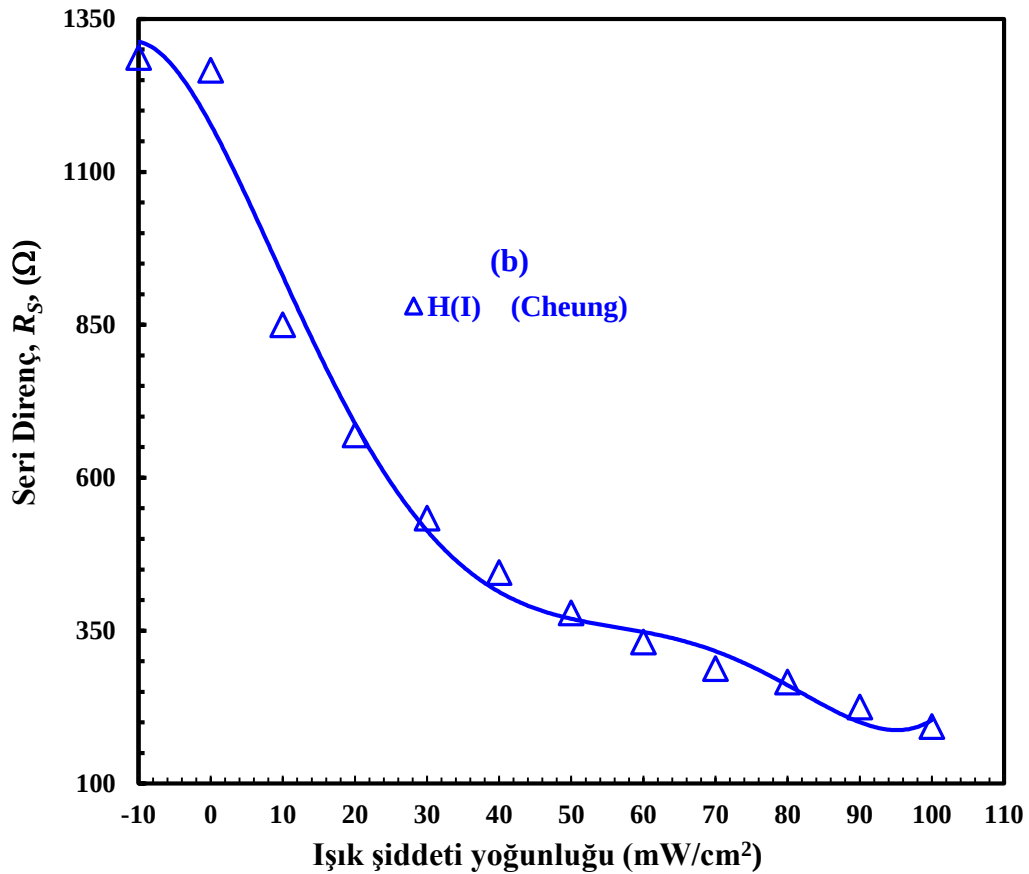
Şekil-4 (a-d) sırasıyla ışık şiddetine bağlı olarak değişen seri direnç değerlerinin grafiklerini vermektedir. Şekil 4 (a) ve Şekil 4 (b) Cheung [6] fonksiyonlarına bağlı olarak orta voltaj bölgelerinde her ışık şiddeti için elde edilen seri direnç değişimlerinin aşağıda verilen eşitlik 1 ve eşitlik 2 kullanılarak elde edildi. Şekil 4 (a) ve (b) de görüldüğü gibi ışık şiddetinin artmasına bağlı olarak seri direnç değerlerinde de birbirleri ile uyumlu olacak şekilde azalma görülmektedir. Bu durum artan ışık şiddetine bağlı olarak yük hareketlerinin ara yüzeyde fazla olmasından dolayı yük geçişleri veya akımın artmasından dolayı yani hareketli yüklerin artmasıyla artan akıma karşı seri direncin de azaldığını doğrulamaktadır.

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = IR_s + n \left(\frac{kT}{q} \right) \quad (1)$$

$$H(I) = V - n \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I}{AA^*T^2} \right) = IR_s + n\Phi_b \quad (2)$$



Şekil 4 (a). Cheung fonksiyonlarına göre ($dV/d\ln I-I$) seri direnç değişimleri

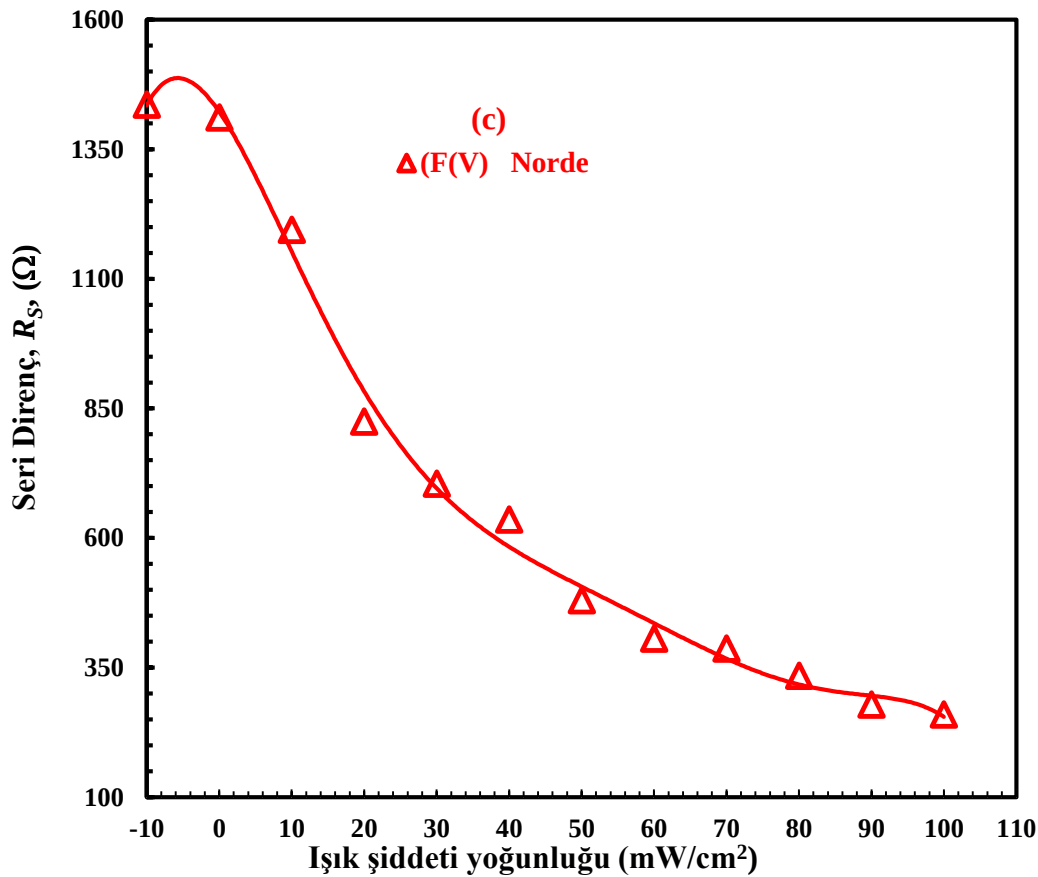


Şekil 4 (b). Cheung fonksiyonlarına göre $(H(I)-I)$ seri direnç değişimleri

Şekil-4 (c) ışık şiddetine bağlı olarak değişen seri direnç değerlerinin Norde [7] metodu kullanılarak elde edilen eğrilerinin değişimini vermektedir. Norde [7] metodu kullanılarak elde edilen seri direnç değerlerinin ışık şiddetine bağlı olarak değişimleri eşitlik-3 ve 4 kullanılarak elde edildi. Şekil 4 (c) ve (b) de görüldüğü gibi ışık şiddetinin artmasına bağlı olarak seri direnç değerlerinde azalma görülmektedir. Ancak Norde metodunda elde edilen seri direnç değerleri Cheung metodunda elde edilen değerlerden daha büyük çıktı. Bunun nedeni ise Cheung fonksiyonlarında seri direnç değerleri I - V eğrilerinde lineer bölgenin son bulunduğu bölgede alınırken, Norde metodunda ise seri direnç değerleri alınırken bütün pozitif voltaj bölgelerinde I - V eğrilerinin ölçümlerinin dikkate alınmasından dolayıdır.

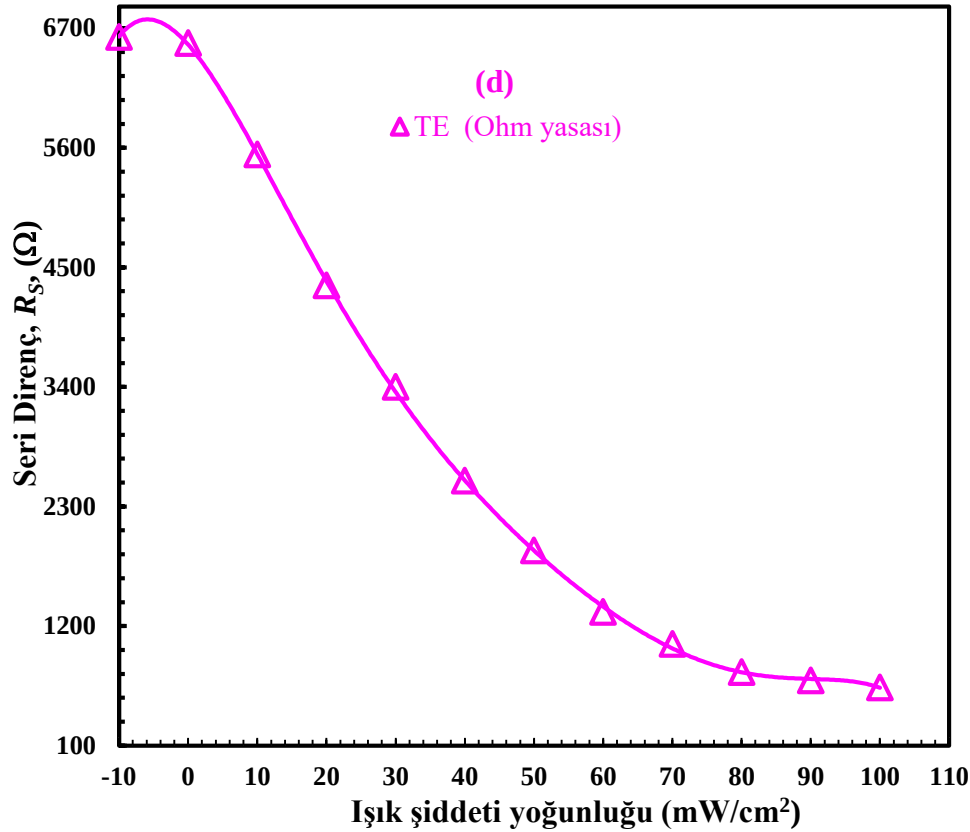
$$F(V) = \frac{V}{\gamma} - \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I(V)}{AA^* T^2} \right) \quad (3)$$

$$R_s = \frac{\gamma - n}{I_0} \frac{kT}{q} \quad (4)$$



Şekil 4 (c). Norde fonksiyonlarına göre $(F(V)-V)$ seri direnç değişimleri

Şekil-4 (d) ışık şiddetine bağlı olarak değişen seri direnç değerlerinin Ohm [8] yasası kullanılarak elde edilen eğrilerinin değişimini vermektedir. Ohm yasasından elde edilen seri direnç değerlerinin hem Cheung ve hemde Norde metodunda elde edilen değerlerden büyük çıkmasının nedeni ise burada yapının omik özelliğinden dolayıdır. Yani ohm yasasına göre ($R_S = dV/dI$) verilen voltaj değerinde akımın aynı şekilde orantılı olarak değişmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4 (d). Ohm yasasına seri direnç değişimleri

SONUÇ

DeneySEL sonuçlar, ışık yoğunluğunun artmasıyla Al/PTCDA/p-tipi Si yarıiletken yapının seri direnç (R_S) değerlerinin azaldığını göstermiştir. Ancak Ohm yasasından veya termiyonik emisyon teorisinden elde edilen seri direnç değerlerinin Norde metodunda elde edilenlerden daha büyük olduğunu ve buna bağlı olarak da Norde metodunda elde edilen değerlerinde Cheung fonksiyonlarında elde edilen seri direnç değerlerinden daha büyük olduğunu göstermiştir. Böylece, Ohm, Cheungs ve Norde fonksiyonları kullanılarak karanlık ortamda seri direnç değerleri sırasıyla 6619 Ω , 1180 Ω , 1287 Ω ve 1436 Ω olarak elde edilirken 100 mW cm⁻² ışık şiddeti değerlerindeki seri direnç değerleri ise 636 Ω , 179 Ω , 193 Ω ve 259 Ω olarak elde edildi. Bu durum gösteriyor ki seri direnç değerlerinin farklı olmasının nedeni ise I - V eğrilerinde farklı bölgelerin dikkate alınmasından dolayıdır. Ayrıca, PTCDA ara katmanlı Al/p-

Si yapılarının elektriksel özelliklerinin temel karakteristiklerinden biri olan seri direncin ışık yoğunluğuna karşı hassas olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1] Sze, S.M., .Physics of Semiconductor Devices. New York/Wiley, 1981.
- [2] Rhoderick, E.H., Williams, R.H., Metal–Semic. onductor Contacts. Oxford/Clarendon/1988.
- [3] Nicollian. E.H., Goetzberger. A., The Si-SiO₂ interface-electrical properties as determined by the metal-insulator-silicon conductance technique, Bell Syst. Tech. J. 46 (1967) 1055-1300
- [4] Karataş. Ş, Aydın. M.G, Özerli. H., Illumination impact on electrical properties of Ag/0.6 wt% nanographene oxide doped poly (vinyl alcohol) nanocomposite/p-Si heterojunction. Journal of Alloys and Compounds, 689 (2016) 1068-1075.
- [5] <https://www.inrf.uci.edu/wordpress/wp-content/uploads/sop-wet-silicon-rca-1.pdf>
- [6] Cheung. S. K, Cheung N.W., Extraction of Schottky diode parameters from forward current-voltage characteristics. Applied Physics Letters, 49 (2) (1986) 85-87.
- [7] Norde. H., A modified forward I - V plot for Schottky diodes with high series resistance. Journal of Applied Physics 50 (7) (1979) 5052-5053
- [8] Chattopadhyay P, RayChaudhuri. B. New technique for the determination of series resistance of Schottky barrier diodes., Solid-State Electronics, 35 (1992) 1023-1024

a TRIAZOLE-BASED SCHIFF BASE for Cu(II) COORDINATION: SYNTHESIS and SPECTROSCOPIC INSIGHTS

Öğr. Gör. Dr. Muhammet Çelik

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Food Processing, Food Technology Program

ORCID ID: 0000-0003-1908 1704

ABSTRACT

In this study, a novel 1,2,3-triazole-based Schiff base ligand (3b) and its corresponding Cu(II) complex (3b-Cu) were successfully synthesized. The Schiff base ligand was obtained *via* a condensation reaction between 1-(4-chlorophenyl)-4-(2-aminoethyl)-1H-1,2,3-triazole and salicylaldehyde, followed by complexation with copper(II) acetate in refluxing methanol. The ligand was characterized by FT-IR, ^1H NMR, ^{13}C NMR and Maldi-TOF MS, the Cu(II) complex was characterized by FT-IR and UV-Vis spectroscopy. The FT-IR spectrum of the ligand confirmed Schiff base formation through the characteristic azomethine (C=N) stretching vibration. Upon complexation, the azomethine (C=N) and phenolic C-O stretching bands shifted to lower wavenumbers, accompanied by the appearance of new $\nu(\text{Cu-N})$ and $\nu(\text{Cu-O})$ bands, indicating coordination through the azomethine nitrogen and deprotonated phenolate oxygen atoms. The ^1H and ^{13}C NMR spectra verified the proposed molecular structure of the ligand, while ESI-MS analysis confirmed its molecular composition. Furthermore, the UV-Vis spectrum of the Cu(II) complex exhibited characteristic ligand-centered $\pi \rightarrow \pi^*$ and ligand-to-metal charge transfer (LMCT) transitions, providing additional evidence for successful complex formation. Overall, the spectroscopic results demonstrate that the synthesized Schiff base behaves as a monoanionic N,O-bidentate ligand toward Cu(II), providing a promising structural platform for future investigations on DNA-binding interactions and other biological applications.

Keywords: 1,2,3-Triazole; Schiff base; Copper(II) complex; FT-IR; UV-Vis spectroscopy; NMR spectroscopy.

1. INTRODUCTION

Schiff bases constitute one of the most extensively investigated classes of organic compounds in coordination chemistry due to their straightforward synthesis, structural diversity, and strong metal-chelating ability. Formed by the condensation reaction of primary amines with aldehydes or ketones, these compounds generally contain azomethine (C=N) groups that readily coordinate with transition metal ions, leading to the formation of stable metal complexes with diverse structural architectures and physicochemical properties [1–3]. Owing to these

characteristics, Schiff base ligands have attracted considerable attention in catalysis, analytical chemistry, material science, and bioinorganic chemistry [4].

Among nitrogen-containing heterocyclic compounds, 1,2,3-triazole derivatives have emerged as particularly attractive building blocks because of their remarkable chemical stability, aromatic character, and multiple nitrogen donor atoms capable of participating in coordination with metal ions [5,6]. The introduction of the triazole ring into ligand frameworks not only enhances coordination ability but also improves the electronic and structural properties of the resulting complexes. Furthermore, the widespread application of copper(I)-catalyzed azide–alkyne cycloaddition (CuAAC) has provided an efficient and reliable synthetic route to structurally diverse 1,2,3-triazole derivatives under mild reaction conditions [7,8].

The combination of Schiff base functionality with a 1,2,3-triazole moiety provides multifunctional ligands possessing both azomethine nitrogen and heterocyclic nitrogen donor sites. In addition, the incorporation of phenolic hydroxyl groups offers oxygen donor atoms that facilitate the formation of stable chelate rings with transition metals [9]. Such hybrid ligands frequently exhibit enhanced coordination flexibility and improved structural rigidity, making them valuable candidates for the preparation of novel coordination compounds [10].

Copper(II) is among the most extensively studied transition metal ions in coordination chemistry because of its variable coordination geometries, accessible redox properties, and strong affinity toward nitrogen- and oxygen-containing ligands [11]. Cu(II) complexes derived from Schiff bases often display square-planar, square-pyramidal, or distorted octahedral geometries depending on the ligand environment and reaction conditions [12]. Coordination through azomethine nitrogen and phenolic oxygen atoms has been widely reported for salicylaldehyde-derived Schiff base ligands, resulting in stable complexes with well-defined structural characteristics [13].

Spectroscopic techniques play an essential role in confirming both ligand formation and metal coordination. Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy provides valuable information regarding the formation of the azomethine group and the coordination-induced shifts of characteristic functional groups, particularly the C=N and phenolic C–O stretching vibrations [14]. Likewise, ^1H and ^{13}C NMR spectroscopy are indispensable for the structural elucidation of diamagnetic ligands, while mass spectrometry offers reliable molecular weight confirmation and supports the proposed molecular structure [15].

In the present study, a new 1,2,3-triazole-based Schiff base ligand was synthesized through the condensation of 1-(4-chlorophenyl)-4-(2-aminoethyl)-1H-1,2,3-triazole with salicylaldehyde.

Subsequently, the corresponding Cu(II) complex was prepared *via* coordination with copper(II) acetate. The synthesized ligand was comprehensively characterized using FT-IR, ^1H NMR, ^{13}C NMR, and mass spectrometry, whereas the Cu(II) complex was characterized by FT-IR spectroscopy. Comparative spectroscopic evaluation was carried out to investigate the coordination behavior of the ligand toward the Cu(II) ion, providing insight into the donor sites involved in complex formation and contributing to the development of new triazole-based Schiff base coordination compounds.

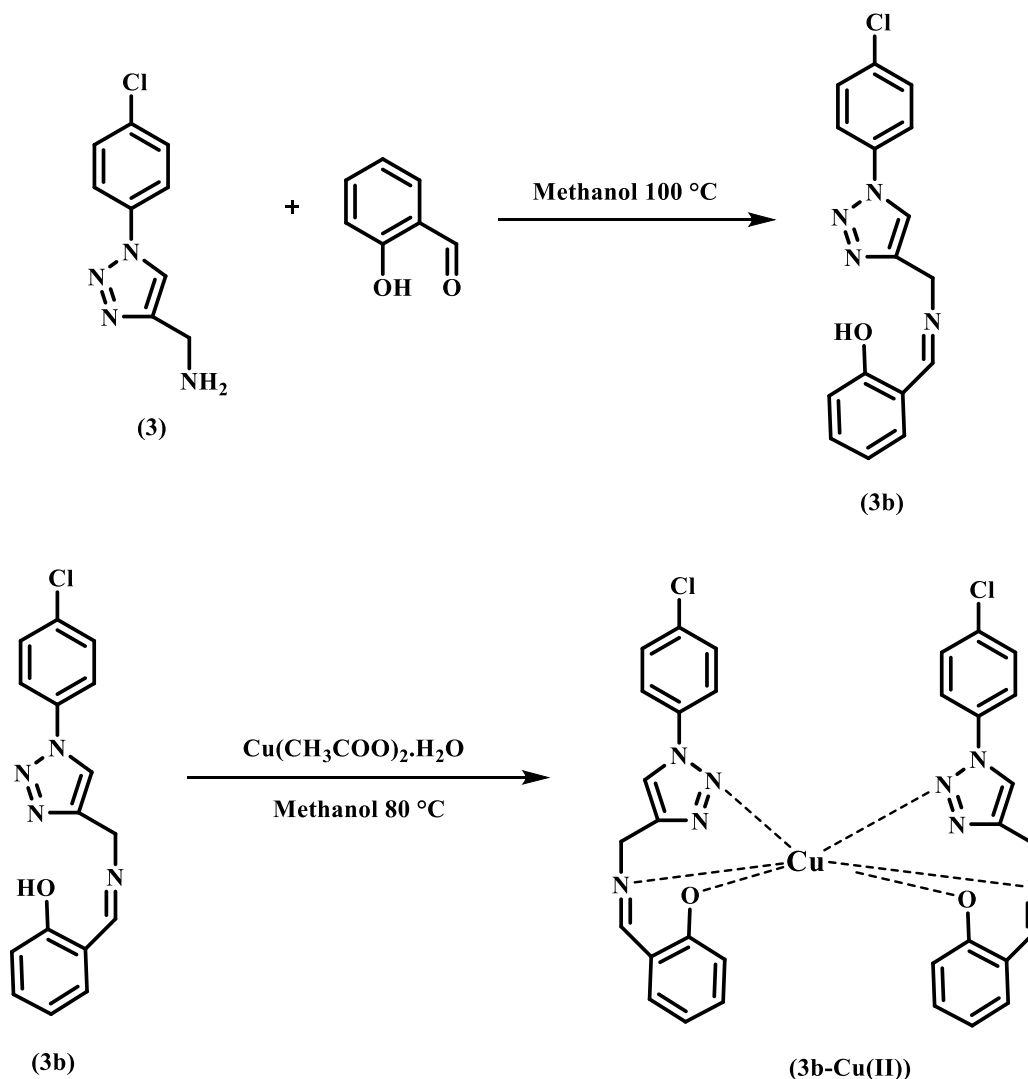


Figure 1 Synthetic route for the preparation of compounds 3, 3b and 3b-Cu(II).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 General

All starting materials and organic solvents were obtained from commercial suppliers and used without further purification. The $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ nuclear magnetic resonance (NMR) spectra in CDCl_3 -DMSO were recorded on a Bruker 400 MHz instrument, with TMS used as an internal standard (Fig. 6). The FTIR (Fourier Transform Infrared) spectra of the compounds were performed on

a PerkinElmer Paragon 1000 PC (Spectroscopic Instrument) in accordance with standard practice (Fig. 2-3). The mass spectra of the complexes were obtained by means of a Bruker Microflex LT Maldi-TOF MS (Fig. 4-5).

2.2 Synthesis of 1,2,3-triazole compound (3)

The synthesis of 1,2,3-triazole compound (3) was accomplished in accordance with the following conventional procedure [16,17] .

2.3 Synthesis of 1,2,3-triazole Schiff base derivatives (3b)

Compound 1-(4-chlorophenyl)-4-(2-aminoethyl)-1H-1,2,3-triazole (3a) (0.20 g, 1.1×10^{-3} mol) was dissolved in methanol (15 mL), and 2-hydroxybenzaldehyde (0.20 g, 1.1×10^{-3} mol) was added to the solution. The reaction mixture was refluxed for 24 h. The progress of the reaction was monitored by thin-layer chromatography (TLC). Upon complete consumption of the starting materials, the reaction mixture was cooled to room temperature and the solvent was removed under reduced pressure using a rotary evaporator. The resulting solid was dried to afford the target Schiff base product. 1,2,3-Triazole Schiff Base (3b) was synthesized according to following typical procedure [18].

(3b): Molecular Formula: $C_{16}H_{13}ClN_4O$. **Yield:** %67, **Color:** yellow, **M.P:** 192-198 °C. **FTIR (ν , cm^{-1}):** 1636, 1578, 1497, 1281, 1096, 1045, 822, 752, 640, 513, 471. **^1H NMR ^1H NMR** (400 MHz, $CDCl_3$) δ 8.60 (s, 1H), 7.92 (s, 1H), 7.71 (d, $J = 8.6$ Hz, 2H), 7.52 (d, $J = 8.6$ Hz, 2H), 7.35 (dd, $J = 17.2, 8.2$ Hz, 2H), 7.04 – 6.89 (m, 2H), 5.04 (s, 2H). **^{13}C NMR** (101 MHz, $CDCl_3$) δ 132.80 (s), 131.72 (s), 129.97 (s), 121.72 (s), 119.87 (s), 118.96 (s), 117.05 (s), 54.54 (s). **MALDI-TOF (m/z):** Found: 312.031.

2.4 Synthesis of Cu (II) complex (3b-Cu(II))

2-((((1-(4-chlorophenyl)-1H-1,2,3-triazol-4-yl)methyl)imino)methyl)phenol (3b) (0.1 g, 3.2×10^{-4} mol) was dissolved in acetonitrile, and $Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ (0.032 g, 1.6×10^{-4} mol) was added to the solution. The reaction mixture was refluxed at 100 °C overnight and subsequently allowed to cool to room temperature. The resulting precipitate was filtered and dried under ambient conditions to afford the corresponding Cu(II) complex.

(3b-Cu(II)): Molecular Formula: $C_{32}H_{24}Cl_2CuN_8O_2$ **Yield:** % 63, **Color:** Green, **M.P:** 321-327 °C. **FTIR (ν , cm^{-1}):** 3167, 1628, 1543, 1504, 1477, 1342, 1219, 1096, 1015, 907, 826, 752, 505, 451.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The synthetic route for the preparation of the Schiff base ligand (3b) and its Cu(II) complex (3b-Cu) is shown in Figure 1. The ligand was synthesized via the condensation reaction of 1-

(4-chlorophenyl)-4-(2-aminoethyl)-1H-1,2,3-triazole with salicylaldehyde in refluxing methanol. Subsequent reaction of the ligand with copper(II) acetate monohydrate afforded the corresponding Cu(II) complex. The structures of both compounds were characterized by FT-IR, NMR, MALDI-TOF MS and UV-Vis spectroscopy.

The FT-IR spectrum of ligand 3b confirmed the successful formation of the Schiff base through the appearance of a characteristic azomethine stretching band at 1636 cm^{-1} . The triazole ring vibration was observed at 1578 cm^{-1} , while the aromatic C=C stretching vibration appeared at 1497 cm^{-1} . The phenolic C–O stretching vibration was assigned to 1281 cm^{-1} , indicating the presence of the salicylaldehyde moiety. Additional bands at 1096 and 1045 cm^{-1} were attributed to C–N/C–O stretching vibrations, whereas the absorptions at 822 , 752 , 640 , 513 , and 471 cm^{-1} correspond to aromatic C–H out-of-plane bending and skeletal deformation vibrations.

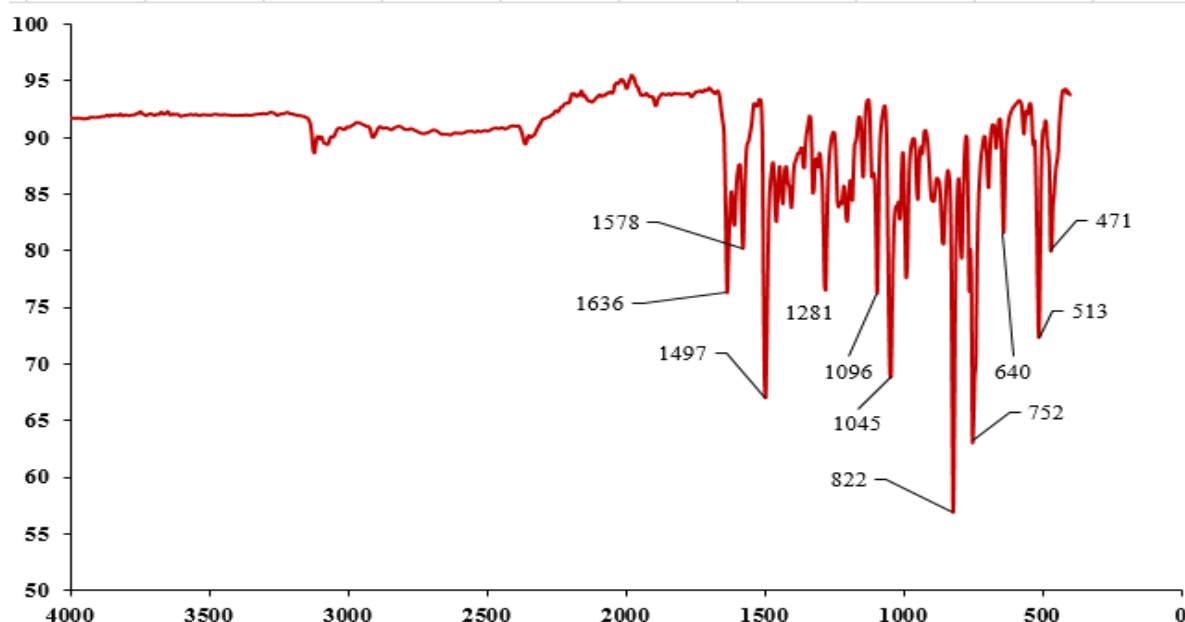


Figure 2 FTIR spectrum of the Schiff base ligand.

Upon coordination with Cu(II), significant spectral changes were observed. The azomethine stretching vibration shifted from 1636 to 1628 cm^{-1} , indicating coordination through the imine nitrogen atom. Similarly, the phenolic C–O stretching vibration shifted from 1281 to 1219 cm^{-1} , suggesting deprotonation of the phenolic hydroxyl group followed by coordination through the phenolate oxygen atom. New absorption bands appearing at 505 and 451 cm^{-1} were assigned to $\nu(\text{Cu–N})$ and $\nu(\text{Cu–O})$ stretching vibrations, respectively, while the broad band around 3167 cm^{-1} was attributed to O–H stretching of coordinated or lattice solvent molecules.

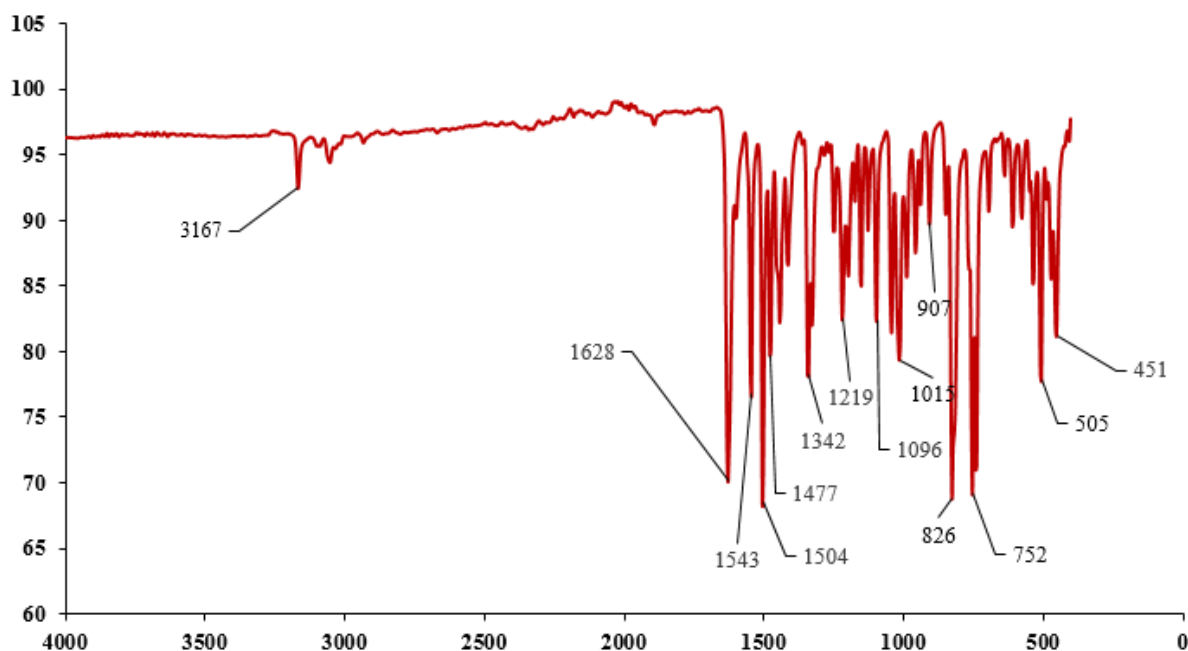


Figure 3 FTIR spectrum of the Cu(II) complex.

Collectively, the observed shifts in the $\nu(\text{C}=\text{N})$ and $\nu(\text{C}-\text{O})$ bands together with the appearance of new low-frequency $\nu(\text{Cu}-\text{N})$ and $\nu(\text{Cu}-\text{O})$ vibrations strongly suggest that the Schiff base coordinates to the Cu(II) ion through the azomethine nitrogen and deprotonated phenolate oxygen atoms, behaving as a monoanionic N,O-bidentate chelating ligand. Therefore, the coordination mode proposed in Scheme 1 is considered spectroscopically reasonable.

The ^1H NMR spectrum of ligand 3b further supported the proposed structure. A singlet observed at δ 8.60 ppm was assigned to the azomethine proton, confirming Schiff base formation. Aromatic proton resonances appeared in the δ 6.92–7.92 ppm region, while the methylene group attached to the triazole ring resonated as a singlet at δ 5.04 ppm. The ^{13}C NMR spectrum showed the azomethine carbon at δ 167.23 ppm, the phenolic carbon at δ 160.89 ppm, aromatic carbons between δ 117.95–134.62 ppm, and the methylene carbon at δ 54.54 ppm, all of which are consistent with the proposed molecular structure.

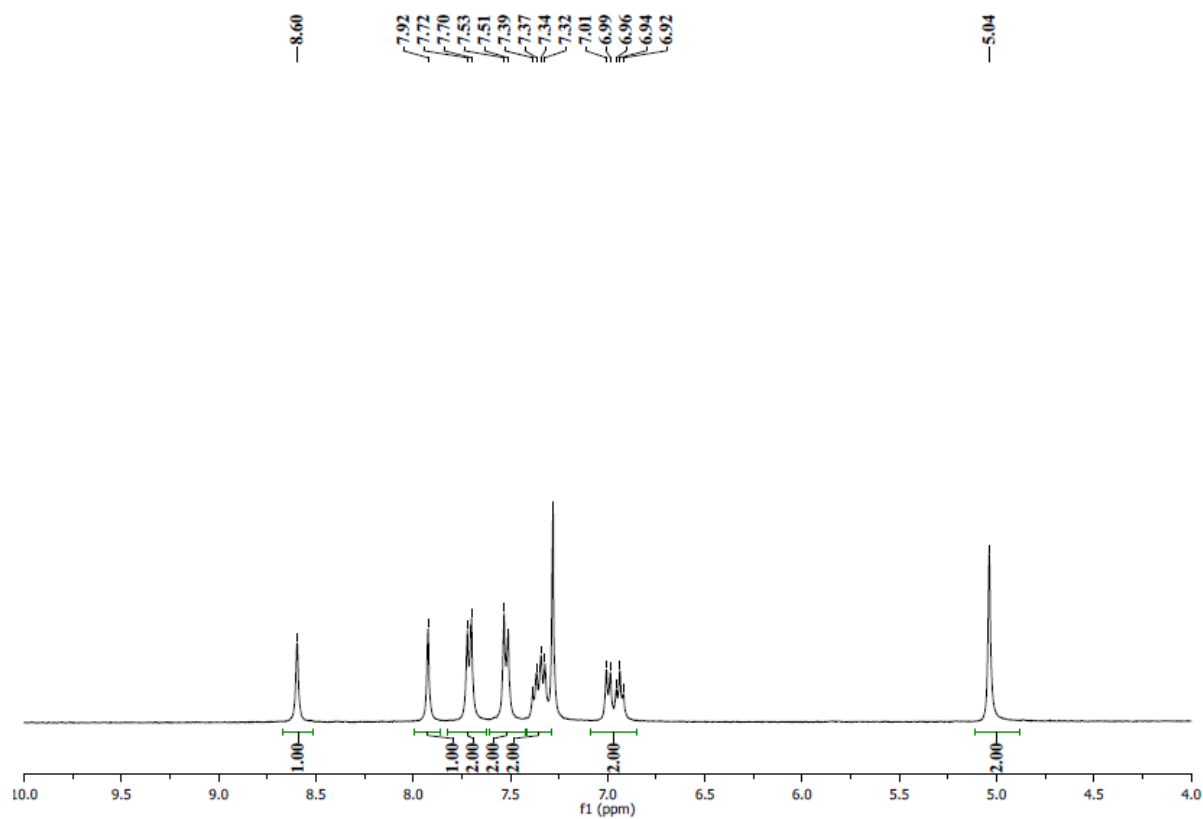


Figure 4 ¹H NMR spectrum of the ligand.

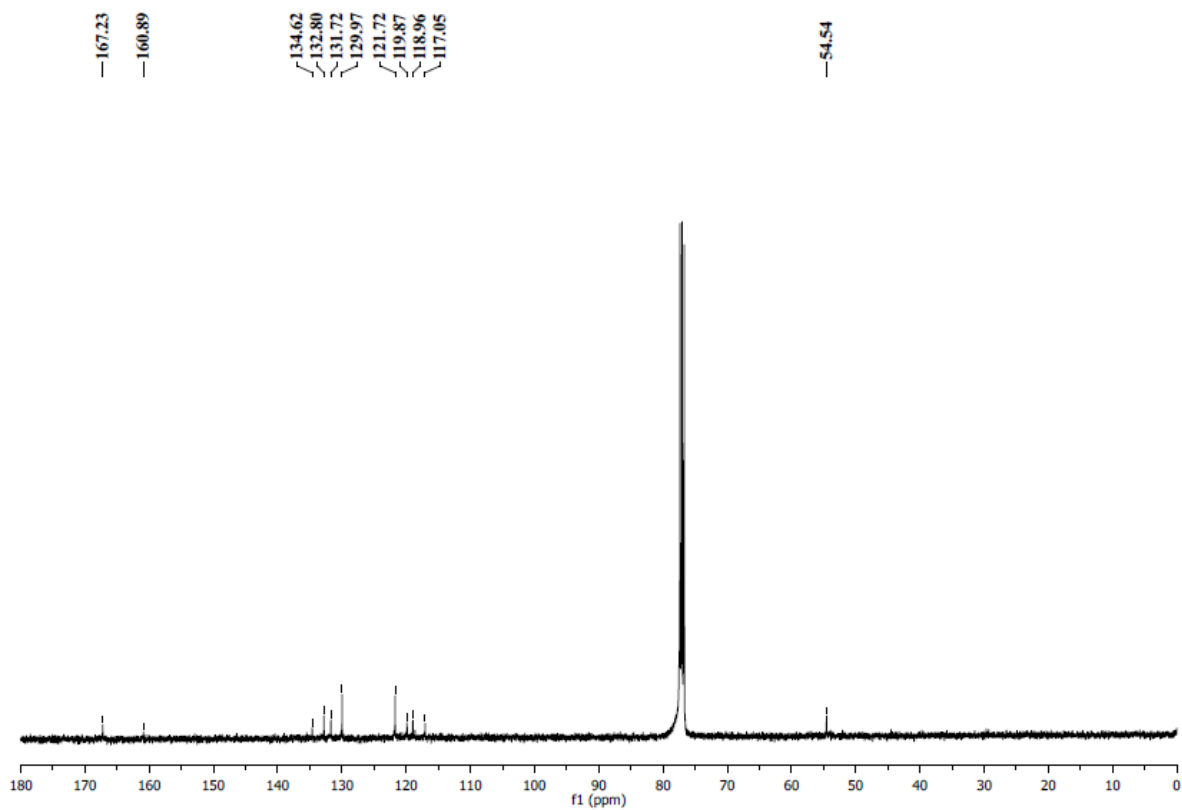


Figure 5 ¹³C NMR spectrum of the ligand.

The ESI-MS spectrum of 3b exhibited a prominent molecular ion peak at m/z 312.031, corresponding to the protonated molecular ion $[M+H]^+$, confirming the expected molecular composition of the Schiff base ligand.

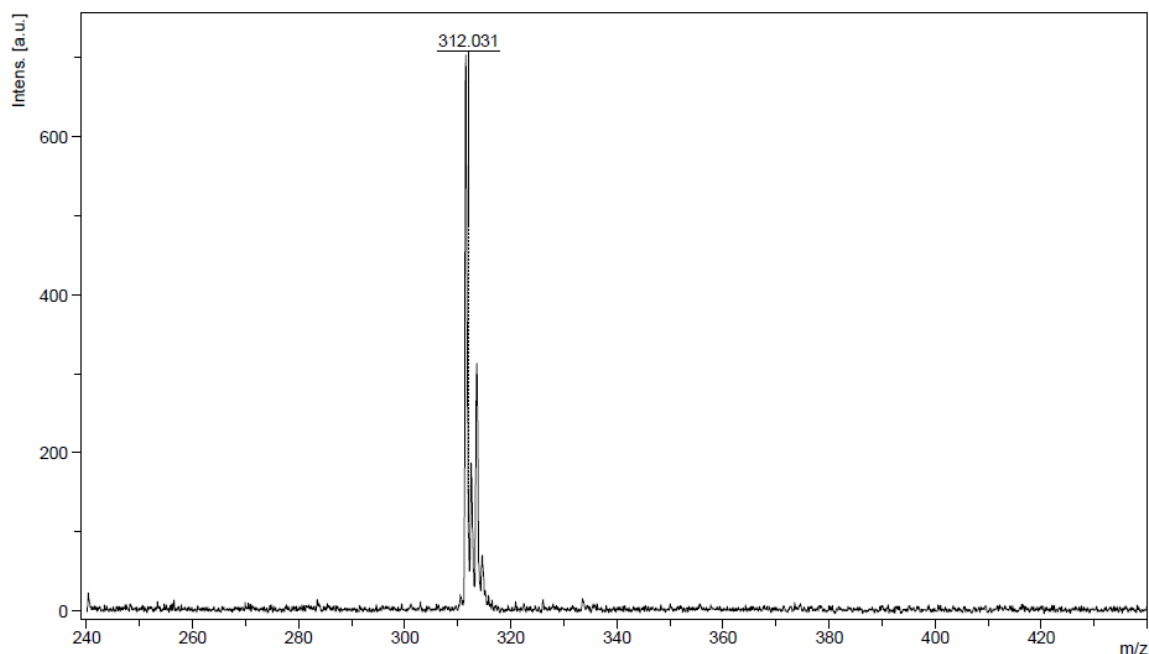


Figure 6 Mass spectrum of the ligand.

The electronic absorption spectrum of 3b-Cu displayed an intense band below 300 nm, attributed to ligand-centered $\pi \rightarrow \pi^*$ transitions associated with the aromatic rings, triazole and azomethine groups. A second broad absorption band centered at approximately 365 nm was assigned to a ligand-to-metal charge transfer (LMCT) transition, providing additional evidence for coordination of the ligand to the Cu(II) ion. No distinct d-d transition was observed in the visible region, which is consistent with the low intensity typically exhibited by Cu(II) d-d transitions. Overall, the UV-Vis data further support the formation of the proposed Cu(II) complex.

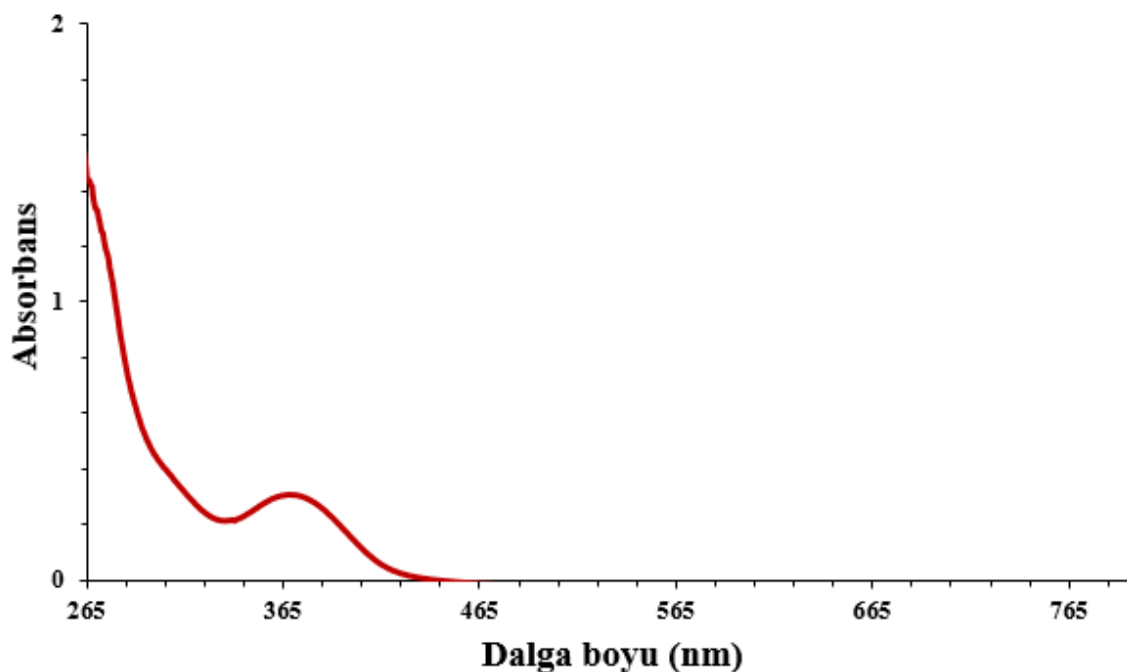


Figure 7 UV–Vis spectrum of the Cu(II) complex.

4. CONCLUSIONS

A new 1,2,3-triazole-based Schiff base ligand (3b) and its corresponding Cu(II) complex (3b-Cu) were successfully synthesized and characterized by FT-IR, NMR, ESI-MS and UV–Vis spectroscopy. The FT-IR results confirmed Schiff base formation and revealed characteristic spectral changes upon complexation, indicating coordination through the azomethine nitrogen and deprotonated phenolate oxygen atoms. NMR and ESI-MS analyses verified the structure and molecular composition of the ligand, while the UV–Vis spectrum of the Cu(II) complex exhibited characteristic $\pi \rightarrow \pi^*$ and LMCT transitions, supporting successful metal coordination. The combined spectroscopic data indicate that ligand 3b behaves as a monoanionic N,O-bidentate chelating ligand, leading to the formation of a stable Cu(II) complex.

REFERENCES

- [1] M. Calligaris, G. Manzini, G. Nardin, L. Randaccio, D. Minichelli, L. Randaccio, K. Nag, T. Lorentz, 1972 543, (1972).
- [2] E.P. Company, 391 schiff base metal, 4 (1969).
- [3] P.E. Marinova, Synthesis , Investigation , Biological Evaluation , and Application of Coordination Compounds with Schiff Base — A Review, (2025).
- [4] P.D. Mantellini, C.S. Uniti, OF HOMO- AND HETERODINUCLEAR, 77 (1987) 165–273.
- [5] J.E. Hein, J.C. Tripp, L.B. Krasnova, K.B. Sharpless, V. V Fokin, Copper (I) -Catalyzed Cycloaddition of Organic Azides and, (2009) 8018–8021.
<https://doi.org/10.1002/anie.200903558>.
- [6] J.E. Moses, A.D. Moorhouse, J.E. Moses, K.B. Sharpless, The growing applications of click chemistry, (2007) 1249–1262. <https://doi.org/10.1039/b613014n>.
- [7] H.C. Kolb, M.G. Finn, K.B. Sharpless, D.S. Kemp, AUFSÄTZE Click-Chemie : diverse chemische Funktionalität mit einer Handvoll, (n.d.).

- [8] M. Meldal, C.W. Tomøe, Cu-catalyzed azide - Alkyne cycloaddition, *Chem. Rev.* 108 (2008) 2952–3015. <https://doi.org/10.1021/cr0783479>.
- [9] Y.P. Singh, S.K. Patel, Molecular structures , spectral , electrochemical , DFT and antioxidant activities of copper (II) complexes with NNO donor Schiff base ligand, *J. Mol. Struct.* 1228 (2021) 129457. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129457>.
- [10] K.C. Gupta, A.K. Sutar, Polymer anchored Schiff base complexes of transition metal ions and their catalytic activities in oxidation of phenol, 272 (2007) 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2007.03.025>.
- [11] C.C. Reviews, W. Park, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 5 (1970) 143–207.
- [12] L. Carlin, book reviews, (n.d.) 630.
- [13] J. Kovac, Book & Media Reviews, 77 (2000) 29409.
- [14] K.C. Wong, R.M. Silverstein, F.X. Webster, J. David, R.L. Bryce, J. Wiley, S. Hoboken, Review of Spectrometric Identification of Organic Compounds , 8th Edition, (2015) 2–3. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00571>.
- [15] A.C. Pavia, P.A. Giguère, Spectroscopic Study of Perchloric Acid Dihydrate $\text{H}_5\text{O}_2 + \text{ClO}_4^-$, 3551 (1970). <https://doi.org/10.1063/1.1673521>.
- [16] M. Çelik, Ö. Güngör, M. Köse, NN-type 1 , 2 , 3-triazole ligands and their transition metal complexes : Synthesis , structure , and DNA binding, 1359 (2026). <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.145483>.
- [17] M. Çelik, S. Çelik, M. Köse, 1 , 2 , 3-Triazole ligand and its Cu (II), Zn (II), Pt (II), Ru (II) complexes : synthesis , anticancer and antibacterial properties, *J. Coord. Chem.* 0 (2026) 1–14. <https://doi.org/10.1080/00958972.2026.2649328>.
- [18] J. Devi, B. Taxak, B. Kumar, S. Rani, studies †, (2025) 7167–7178. <https://doi.org/10.1039/d5dt00274e>.

SYNTHESIS, SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION, and DNA-BINDING STUDIES of a NOVEL 1,2,3-TRIAZOLE-BASED SCHIFF BASE Zn(II) COMPLEX

Öğr. Gör. Dr. Muhammet Çelik

Sütçü İmam University, Department of Food Processing, Food Technology Programme

ORCID ID: 0000-0003-1908 1704

ABSTRACT

A novel 1,2,3-triazole-based Schiff base ligand (eb3b) and its Zn(II) complex were successfully synthesized and comprehensively characterized. The Schiff base ligand was obtained through the condensation reaction of a triazole-containing amine with an aromatic aldehyde, followed by complexation with zinc(II) acetate under reflux conditions. The structures of both compounds were confirmed by FT-IR, UV–Vis spectroscopy, NMR spectroscopy, and MALDI-TOF mass spectrometry, which verified the successful formation of the ligand and its corresponding Zn(II) complex. The spectral data indicated coordination of the Zn(II) ion through the azomethine nitrogen and phenolic oxygen donor atoms of the Schiff base framework.

The interaction of the Zn(II) complex with fish sperm double-stranded DNA (FSdsDNA) was investigated by UV–Vis absorption titration. Upon gradual addition of DNA, the complex exhibited a noticeable hyperchromic effect accompanied by a slight bathochromic shift, suggesting a non-classical DNA binding mode dominated by groove binding and/or electrostatic interactions rather than strong intercalation. The intrinsic DNA binding constant (K_b) was determined to be approximately $5.14 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$, indicating a moderate to strong affinity toward DNA. These findings demonstrate that coordination of the Schiff base to Zn(II) enhances its interaction with DNA while preserving the structural integrity of the complex in aqueous medium.

Overall, the synthesized Zn(II) complex represents a promising triazole-based coordination compound with favorable DNA-binding properties and may serve as a potential candidate for further biological investigations, including cytotoxicity and anticancer activity studies.

Keywords: 1,2,3-Triazole, Schiff base, Zinc(II) complex, DNA binding, UV–Vis spectroscopy, Binding constant.

1. INTRODUCTION

Cancer remains one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide and continues to represent a major public health challenge despite substantial advances in diagnostic and therapeutic strategies. According to recent global cancer statistics, the incidence of cancer is

expected to increase steadily owing to population aging, environmental factors, and lifestyle changes. Although conventional chemotherapy has significantly improved patient survival, its clinical effectiveness is frequently compromised by severe systemic toxicity, poor selectivity toward malignant cells, and the development of multidrug resistance. Consequently, the search for novel therapeutic agents with improved efficacy, enhanced selectivity, and reduced adverse effects has become a major focus of medicinal chemistry. Among the various approaches explored, metal-based compounds have attracted considerable attention because their unique coordination geometries, tunable electronic properties, and diverse mechanisms of action provide opportunities for the development of therapeutic agents that differ fundamentally from purely organic drugs. Since the clinical success of platinum-based anticancer drugs, coordination compounds have emerged as an important class of bioactive molecules with promising antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, and anticancer properties. The biological performance of these compounds is largely governed by the nature of the coordinated ligand and the physicochemical characteristics of the central metal ion, making ligand design a key aspect of modern bioinorganic chemistry [1–4].

The biological activity of metal complexes can be significantly enhanced through the rational design of multifunctional ligands capable of interacting with biologically important targets. Among nitrogen-containing heterocyclic compounds, 1,2,3-triazole derivatives have attracted remarkable attention because of their excellent chemical stability, synthetic versatility, and broad spectrum of biological activities. The introduction of copper(I)-catalyzed azide–alkyne cycloaddition (CuAAC), commonly referred to as "click chemistry", has provided a highly efficient and regioselective approach for the synthesis of structurally diverse 1,2,3-triazole derivatives under mild reaction conditions. Owing to its operational simplicity, high yields, and broad functional group tolerance, this methodology has become one of the most powerful synthetic tools in medicinal and coordination chemistry. In addition to serving as a metabolically stable pharmacophore, the 1,2,3-triazole ring can participate in hydrogen bonding, π – π stacking, and coordination interactions through its nitrogen atoms, thereby facilitating interactions with biological macromolecules and transition metal ions. Consequently, triazole-containing compounds have been extensively investigated for their antimicrobial, antifungal, antiviral, antioxidant, anti-inflammatory, enzyme inhibitory, and anticancer activities [5–8].

Schiff bases constitute another important class of compounds in coordination chemistry because of their facile synthesis, structural diversity, and excellent metal-chelating ability. The azomethine ($-\text{CH}=\text{N}-$) group acts as an effective donor site, allowing Schiff base ligands to readily coordinate with a wide variety of transition metal ions and form complexes with diverse geometries and physicochemical properties. Furthermore, the incorporation of additional donor atoms, such as nitrogen and oxygen, into the ligand framework enhances the stability of the resulting complexes and often improves their biological performance. Hybrid molecules combining the 1,2,3-triazole scaffold with a Schiff base moiety have therefore emerged as promising candidates in medicinal inorganic chemistry, integrating the favorable pharmacological characteristics of triazole derivatives with the versatile coordination behavior of Schiff bases. Such hybrid ligands frequently exhibit stronger biological activities after metal coordination, which has been attributed to changes in electronic distribution, molecular rigidity, lipophilicity, and cellular uptake induced by complex formation [9–12].

Among biologically relevant transition metals, zinc(II) has emerged as an attractive candidate in medicinal inorganic chemistry owing to its favorable physicochemical and biological properties. Unlike many transition metals, Zn(II) possesses a d^{10} electronic configuration and is redox-inactive under physiological conditions, thereby minimizing the generation of reactive oxygen species and reducing the risk of oxidative toxicity. As an essential trace element, zinc plays indispensable roles in numerous biological processes, including gene expression, DNA replication, protein synthesis, enzymatic catalysis, and cell proliferation. The coordination of Zn(II) with Schiff base ligands often enhances the physicochemical characteristics of the resulting complexes by increasing molecular rigidity, stability, and lipophilicity, which may facilitate their interaction with biological targets. Consequently, Zn(II) complexes derived from triazole-containing Schiff bases have attracted increasing attention because of their antimicrobial, antioxidant, enzyme inhibitory, and potential anticancer activities. Despite these advances, the biological behavior of many newly synthesized Zn(II) complexes remains insufficiently explored, particularly regarding their interactions with nucleic acids [13–15].

DNA is one of the most important intracellular biomolecular targets for metal-based compounds because of its central role in genetic information storage, replication, and transcription. Investigation of DNA-binding behavior provides valuable insight into the possible mechanisms underlying the biological activity of newly synthesized coordination compounds. Among the available analytical techniques, UV–Vis absorption titration is widely employed owing to its

simplicity, reliability, and ability to provide both qualitative and quantitative information regarding DNA–ligand interactions. Spectral changes, such as hypochromism or hyperchromism accompanied by bathochromic or hypsochromic shifts, can provide important evidence for distinguishing between intercalative, groove-binding, and electrostatic interaction modes. In addition, determination of the intrinsic binding constant (K_b) enables quantitative evaluation of DNA affinity and facilitates comparison with structurally related compounds reported in the literature. Although considerable progress has been achieved in the development of triazole-based Schiff base metal complexes, studies focusing on Zn(II) complexes derived from these ligands and their interaction with fish sperm double-stranded DNA (FSdsDNA) remain relatively limited. Therefore, the present study describes the synthesis of a novel 1,2,3-triazole-based Schiff base ligand and its Zn(II) complex, followed by their structural characterization using spectroscopic techniques. Furthermore, the DNA-binding behavior of the Zn(II) complex was investigated by UV–Vis absorption titration to evaluate its binding affinity and to gain insight into its possible mode of interaction with FSdsDNA [16,17].

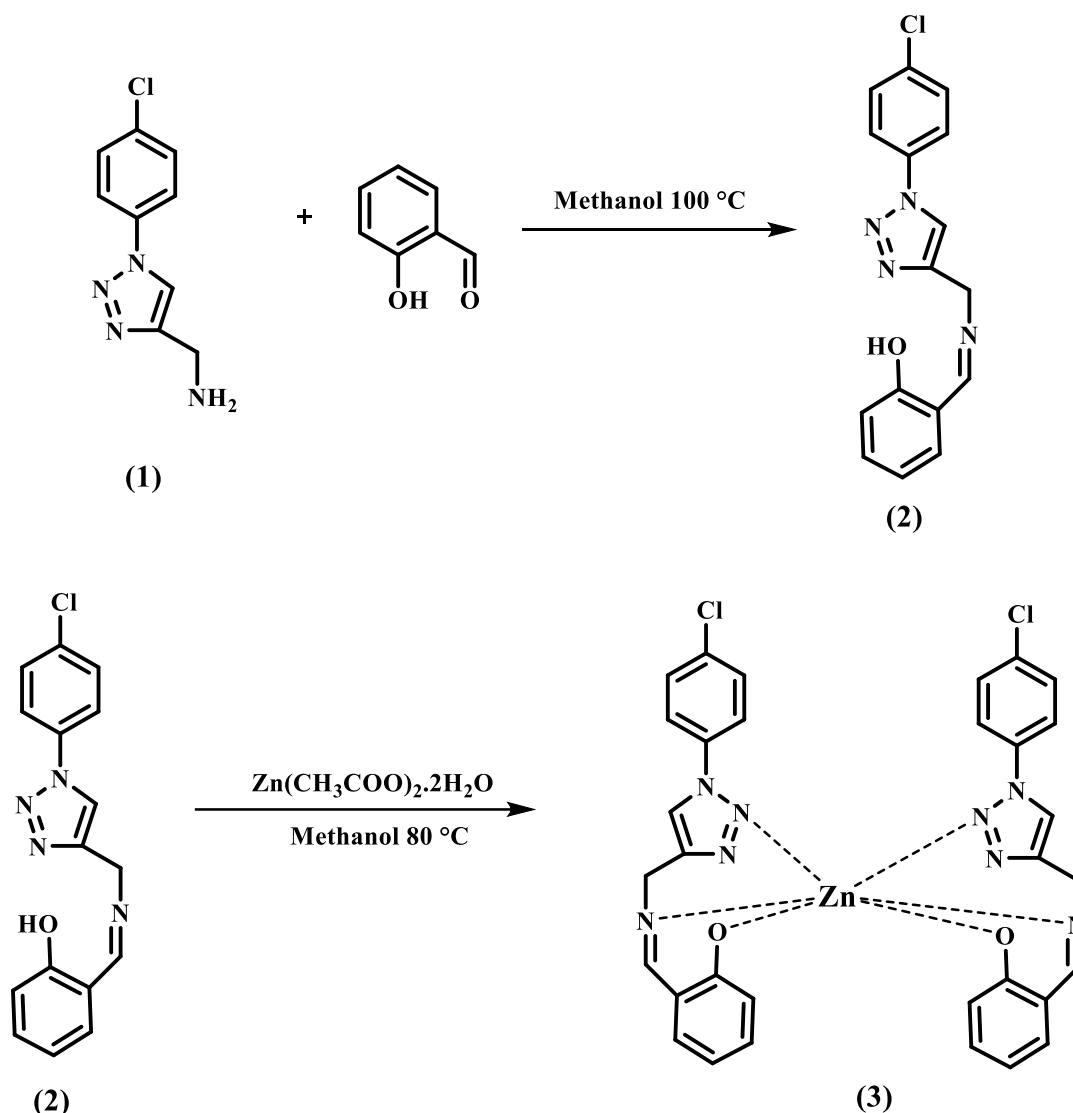


Figure 8 Synthetic route for the preparation of compounds 1, 2 and 3.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 General

All starting materials and organic solvents were obtained from commercial suppliers and used without further purification. The $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ nuclear magnetic resonance (NMR) spectra in CDCl_3 -DMSO were recorded on a Bruker 400 MHz instrument, with TMS used as an internal standard (**Fig. 4,5**). The FTIR (Fourier Transform Infrared) spectra of the compounds were performed on a PerkinElmer Paragon 1000 PC (Spectroscopic Instrument) in accordance with standard practice (**Fig. 2,3**). The mass spectra of the complexes were obtained by means of a Bruker Microflex LT MALDI-TOF mass (**Fig. 6**). UV–is spectra were obtained using a Hitachi U3900H Spectrophotometer and fluorescence spectra were determined with an Perkin Elmer LS55 spectrophotometer (**Fig. 7**).

2.2 Synthesis of 1,2,3-triazole compound (1)

1,2,3-triazole compound (2) was synthesized according to following typical procedure [18,19].

2.3 Synthesis of 1,2,3-triazole Schiff base derivatives (2)

Compound 1-(4-chlorophenyl)-4-(2-aminoethyl)-1H-1,2,3-triazole (2) (0.20 g, 1.1×10^{-3} mol) was dissolved in methanol (15 mL), and 2-hydroxybenzaldehyde (0.20 g, 1.1×10^{-3} mol) was added to the solution. The reaction mixture was refluxed for 24 h. The progress of the reaction was monitored by thin-layer chromatography (TLC). Upon complete consumption of the starting materials, the reaction mixture was cooled to room temperature and the solvent was removed under reduced pressure using a rotary evaporator. The resulting solid was dried to afford the target Schiff base product. 1,2,3-Triazole Schiff Base (2) was synthesized according to following typical procedure [20].

(2): Molecular Formula: $C_{16}H_{13}ClN_4O$. **Yield:** % 67, **Color:** Yellow, **M.P:** 192-198 °C. **FTIR** (ν , cm^{-1}): 1636, 1578, 1497, 1281, 1096, 1045, 822, 752, 640, 513, 471. **^1H NMR** (400 MHz, $CDCl_3$) δ 8.60 (s, 1H), 7.92 (s, 1H), 7.71 (d, $J = 8.6$ Hz, 2H), 7.52 (d, $J = 8.6$ Hz, 2H), 7.35 (dd, $J = 17.2, 8.2$ Hz, 2H), 7.04 – 6.89 (m, 2H), 5.04 (s, 2H). **^{13}C NMR** (101 MHz, $CDCl_3$) δ 132.80 (s), 131.72 (s), 129.97 (s), 121.72 (s), 119.87 (s), 118.96 (s), 117.05 (s), 54.54 (s). **MALDI-TOF (m/z):** Found: 312.031.

2.4 Synthesis of Zn (II) complex (3)

2-((((1-(4-chlorophenyl)-1H-1,2,3-triazol-4-yl)methyl)imino)methyl)phenol (0.1 g, 3.2×10^{-4} mol) was dissolved in acetonitrile, and $Zn(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ (0.032 g, 1.6×10^{-4} mol) was added to the solution. The reaction mixture was refluxed at 100 °C overnight and subsequently allowed to cool to room temperature. The resulting precipitate was filtered and dried under ambient conditions to afford the corresponding Zn(II) complex.

(3): Molecular Formula: $C_{32}H_{24}Cl_2ZnN_8O_2$ **Yield:** % 53, **Color:** White, **M.P:** 315-320 °C. **FTIR** (ν , cm^{-1}): 3144, 1620, 1535, 1466, 1404, 1312, 1150, 1042, 810, 756, 606, 525, 440.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 FTIR spectra

The FT-IR spectra of the synthesized Schiff base ligand (2) and its Zn(II) complex (3) are presented in **Figures 2 and 3**, respectively. The FT-IR spectrum of the Schiff base ligand exhibited a characteristic absorption band at 1636 cm^{-1} , corresponding to the azomethine stretching vibration ($\nu_{C=N}$), confirming the successful condensation of the amino-triazole

derivative with salicylaldehyde. The band observed at 1578 cm^{-1} was assigned to the $\nu(\text{C}=\text{N})/\nu(\text{C}=\text{C})$ vibrations of the triazole and aromatic rings. The phenolic $\text{C}-\text{O}$ stretching vibration appeared at 1281 cm^{-1} , while the absorption bands at 1096 and 1045 cm^{-1} were attributed to $\text{C}-\text{N}$ and $\text{C}-\text{O}$ vibrations. In addition, the characteristic out-of-plane aromatic $\text{C}-\text{H}$ bending vibrations were observed at 822 , 752 , and 640 cm^{-1} , consistent with the substituted aromatic rings present in the ligand structure.

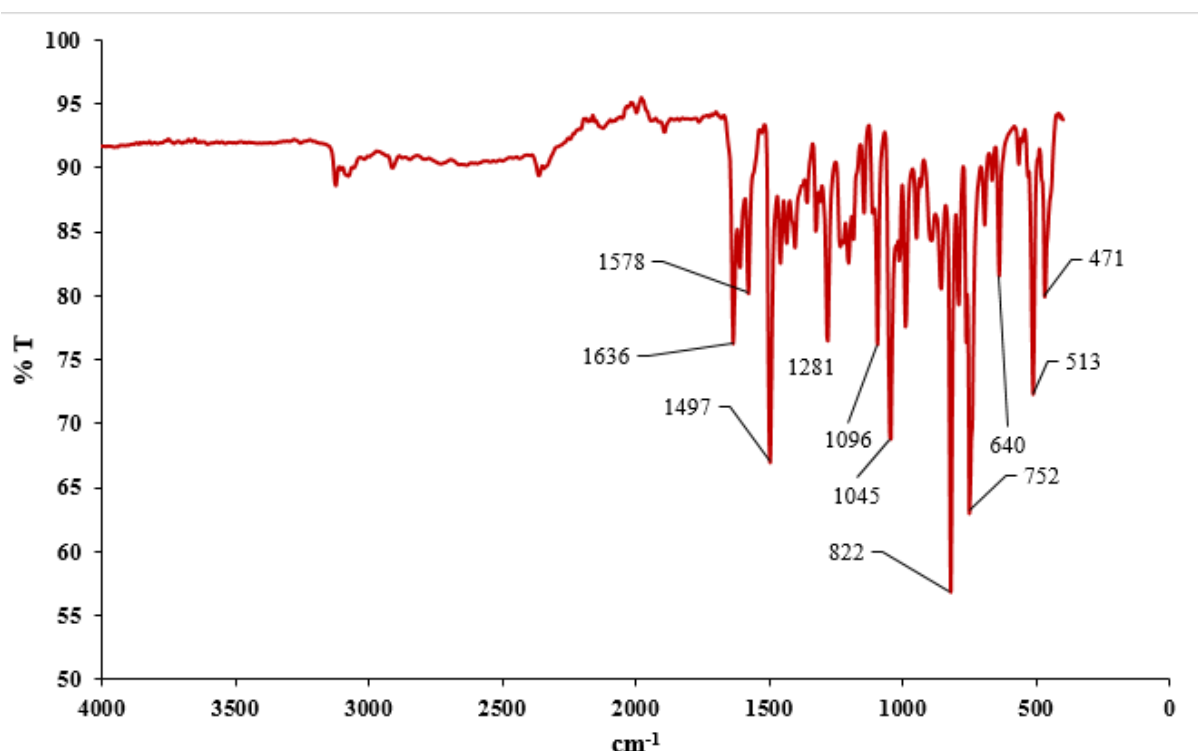


Figure 9 FT-IR spectrum of Schiff base ligand (2).

Following complexation with Zn(II) , several significant changes were observed in the FT-IR spectrum of complex (3). The azomethine stretching vibration shifted from 1636 cm^{-1} to 1620 cm^{-1} , indicating the coordination of the azomethine nitrogen atom to the Zn(II) center. Likewise, the phenolic $\text{C}-\text{O}$ stretching band shifted from 1281 cm^{-1} to 1312 cm^{-1} , suggesting the involvement of the deprotonated phenolic oxygen atom in metal coordination. The triazole/aromatic vibration also shifted slightly from 1578 to 1535 cm^{-1} , further supporting complex formation. Moreover, new absorption bands appeared at 525 and 440 cm^{-1} , which can be assigned to the $\nu(\text{Zn}-\text{N})$ and $\nu(\text{Zn}-\text{O})$ stretching vibrations, respectively. These spectral changes clearly demonstrate that the Schiff base behaves as a bidentate N,O-donor ligand, coordinating to the Zn(II) ion through the azomethine nitrogen and phenolic oxygen atoms, in agreement with the proposed structure of the complex.

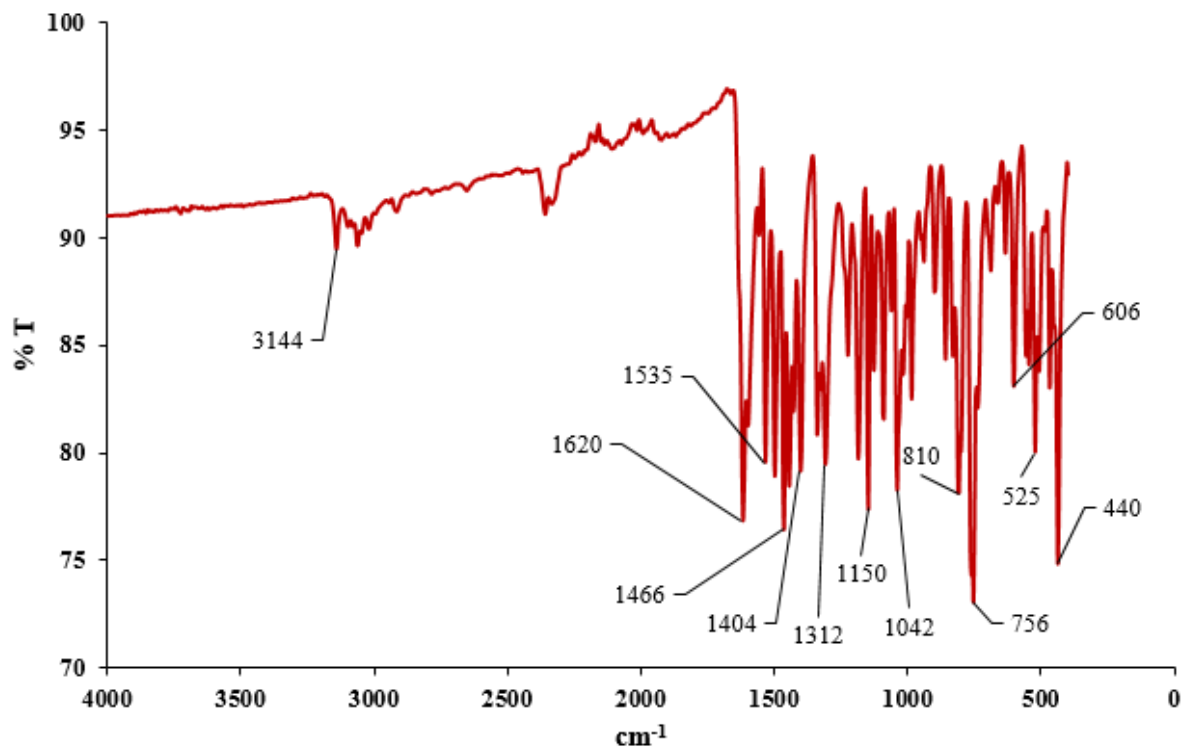


Figure 10 FT-IR spectrum of Zn(II) complex (3).

The observed shifts in the $\nu(\text{C}=\text{N})$ and $\nu(\text{C}-\text{O})$ bands after complexation are consistent with previously reported Zn(II) Schiff base complexes, where coordination occurs through the azomethine nitrogen and phenolic oxygen atoms.

3.2 NMR spectra

The molecular structure of the synthesized Schiff base ligand (2) was further confirmed by ^1H and ^{13}C NMR spectroscopy, and the corresponding spectra are shown in Figures 4 and 5.

The ^1H NMR spectrum (Figure 3) exhibited a characteristic singlet at δ 8.60 ppm, which was assigned to the azomethine proton ($\text{HC}=\text{N}$), confirming the successful condensation reaction between the amino-triazole derivative and salicylaldehyde. The aromatic protons of the chlorophenyl and salicylidene rings appeared as a series of multiplets in the δ 6.92–7.92 ppm region. A distinct singlet observed at δ 5.04 ppm, integrating for two protons, was attributed to the methylene ($-\text{CH}_2-$) group linking the triazole ring to the azomethine moiety. The chemical shifts and integration values are in excellent agreement with the proposed structure of the Schiff base ligand.

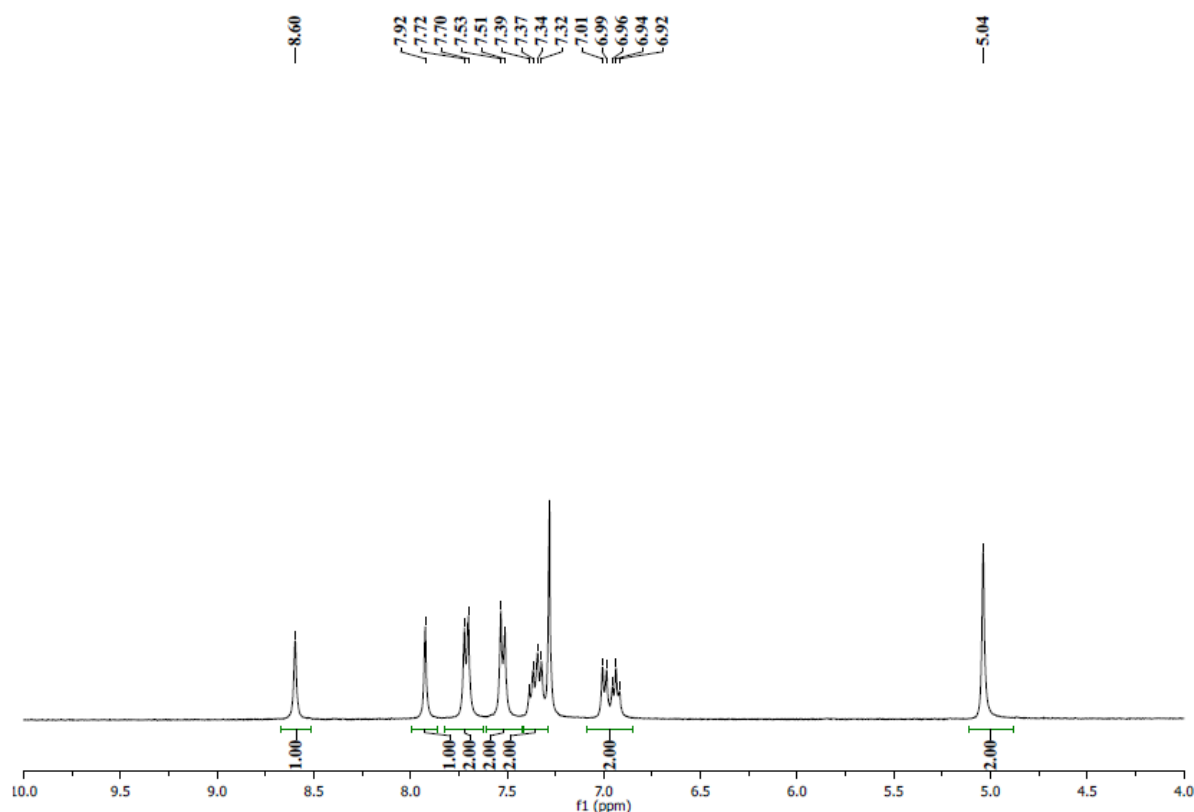


Figure 11 ^1H NMR spectrum of Schiff base ligand (2).

The ^{13}C NMR spectrum (Figure 4) further confirmed the molecular structure of the ligand. The azomethine carbon resonance was observed at δ 167.23 ppm, while the phenolic carbon attached to the hydroxyl group appeared at δ 160.89 ppm. The aromatic and triazole carbon atoms resonated within the δ 117.65–134.62 ppm region, consistent with the expected carbon environments of the ligand. Furthermore, the methylene carbon connecting the triazole ring to the imine functionality appeared at δ 54.54 ppm, supporting the successful formation of the target Schiff base. The solvent signal corresponding to CDCl_3 was observed at approximately δ 77 ppm, as expected.

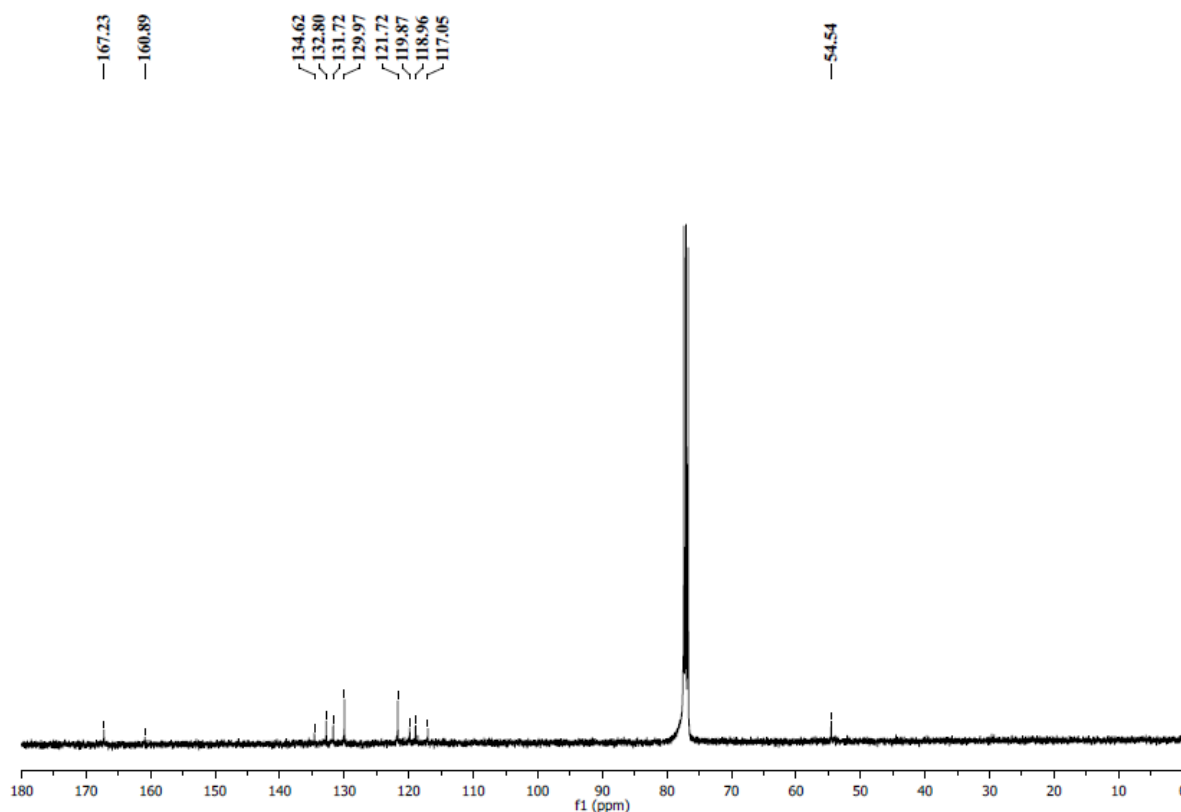


Figure 12 ^{13}C NMR spectrum of Schiff base ligand (2).

Overall, the ^1H and ^{13}C NMR spectra unequivocally confirmed the successful synthesis of the Schiff base ligand, and all observed proton and carbon resonances were fully consistent with the proposed molecular structure.

3.3 Mass spectra

The molecular composition of the synthesized Schiff base ligand (2) was further confirmed by mass spectrometric analysis, and the corresponding spectrum is presented in Figure 5. The mass spectrum exhibited a prominent molecular ion peak at $m/z = 312.031$, which is in good agreement with the calculated molecular mass of the ligand. This result provides strong evidence for the successful synthesis of the target Schiff base.

In addition to the molecular ion peak, the characteristic isotopic distribution observed in the spectrum is consistent with the presence of a chlorine atom in the molecular structure. The expected isotope pattern arising from the natural abundances of ^{35}Cl and ^{37}Cl further supports the proposed molecular formula of the ligand. No significant impurity peaks attributable to unreacted starting materials or major by-products were detected, indicating the high purity of the synthesized compound.

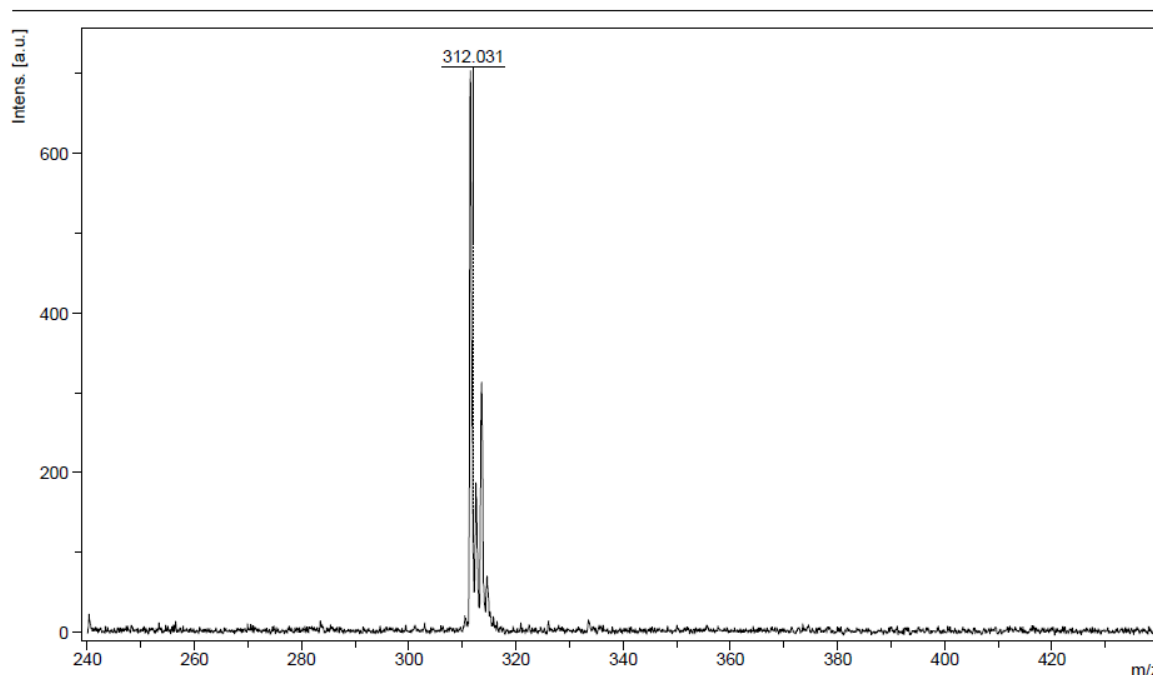


Figure 13 MALDI-TOF mass spectrum of the Schiff base ligand (2).

Overall, the mass spectrometric data, together with the FT-IR and NMR results, unequivocally confirm the successful synthesis and structural integrity of the Schiff base ligand.

3.4 Spectroscopic DNA Interaction Studies

The DNA-binding properties of the synthesized 3 complex were investigated by UV–Vis absorption spectroscopy using fish sperm double-stranded DNA (FS-dsDNA) in Tris–HCl buffer (20 mM, pH 7.4) at 298 K. The concentration of the complex was maintained at 1.0×10^{-5} M, while increasing concentrations of FS-dsDNA (0–1000 μ M) were gradually added. The corresponding absorption spectra are presented in Figure 7, whereas the DNA-binding parameters are summarized in Table 1.

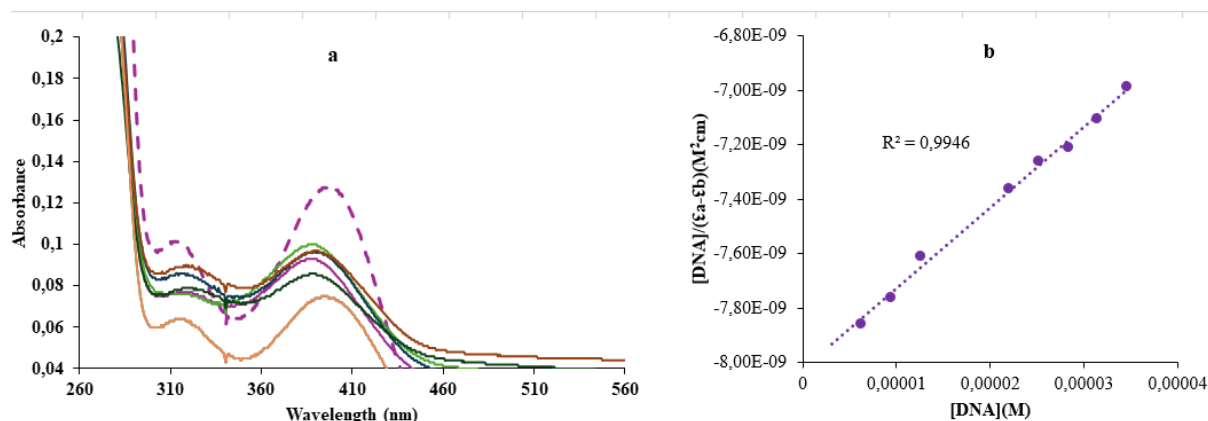


Figure 14 (a) Electronic absorption spectra of the 3 complex (1.0×10^{-5} M) recorded upon gradual addition of FS-dsDNA (0–1000 μ M) in 20 mM Tris–HCl buffer (pH 7.4) at 298 K. A progressive decrease in the absorption intensity (hypochromism) was observed with increasing DNA concentration, indicating interaction between the Zn(II) complex and DNA. No significant bathochromic shift was detected during the titration.

(b) Wolfe–Shimer plot of $[\text{DNA}]/(\epsilon a - \epsilon f)$ versus $[\text{DNA}]$ used for determining the intrinsic DNA-binding constant (K_b) of the 3 complex. Linear fitting yielded $R^2 = 0.9946$ and an intrinsic binding constant of $5.14 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$, indicating a moderate binding affinity toward FS-dsDNA.

Upon gradual addition of FS-dsDNA, the absorption intensity of the characteristic electronic transition of the 3 complex decreased continuously, producing a pronounced hypochromic effect without an appreciable bathochromic shift. The absorbance decreased from 0.514 for the free complex to 0.063 at the highest DNA concentration, corresponding to a maximum hypochromism of 87.74%. Such a marked decrease in absorbance clearly indicates the formation of a stable DNA–complex adduct and confirms that the Zn(II) complex interacts effectively with double-stranded DNA. The absence of a significant red shift suggests that the interaction is not governed by classical intercalation between adjacent DNA base pairs but is more consistent with groove-binding and/or electrostatic interactions.

The intrinsic DNA-binding constant (K_b) was determined using the Wolfe–Shimer equation by plotting $[\text{DNA}]/(\epsilon a - \epsilon f)$ versus $[\text{DNA}]$ (Figure 7(b)). A good linear correlation was obtained, yielding an intrinsic binding constant of $5.14 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$ ($\log K_b = 4.71$). This value falls within the typical range reported for Zn(II)-based Schiff base complexes (10^4 – 10^5 M^{-1}), indicating a moderately strong affinity toward double-stranded DNA. The calculated Gibbs free energy change ($\Delta G^\circ = -26.90 \text{ kJ mol}^{-1}$) further confirms that the DNA-binding process occurs spontaneously under the experimental conditions.

The observed DNA-binding behavior can be rationalized by considering the structural features of the synthesized complex. Coordination of the Schiff base ligand to the Zn(II) center increases the rigidity of the molecular framework, thereby facilitating favorable non-covalent interactions

with the DNA double helix. However, unlike Cu(II), Zn(II) possesses a closed-shell d^{10} electronic configuration and is redox-inactive, resulting in weaker π – π stacking interactions with nucleobases. Consequently, the DNA-binding process is expected to be dominated by hydrogen bonding, van der Waals forces, and electrostatic interactions with the negatively charged phosphate backbone rather than by complete intercalation.

Comparison with previously reported triazole- and Schiff base-based metal complexes reveals that the DNA-binding affinity of the synthesized 3 complex is comparable to or slightly higher than many analogous Zn(II) complexes. The relatively high $\log K_b$ value (4.71) together with the pronounced 87.74% hypochromic effect demonstrates that coordination with Zn(II) significantly enhances the interaction of the ligand framework with DNA. These findings indicate that the synthesized complex possesses an appropriate balance between binding affinity and structural stability, making it a promising candidate for further biological investigations, particularly in studies related to anticancer activity.

Overall, the UV–Vis absorption results demonstrate that the synthesized 3 complex binds efficiently to FS-dsDNA through a predominantly groove-binding/electrostatic mechanism, exhibiting a spontaneous interaction ($\Delta G^\circ = -26.90 \text{ kJ mol}^{-1}$) and a moderate-to-strong intrinsic binding affinity ($K_b = 5.14 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$). The substantial hypochromic effect observed during DNA titration further supports the formation of a stable DNA–complex association, highlighting the potential biological relevance of the synthesized Zn(II) complex.

Table 1 DNA-binding parameters of the synthesized 3 complex determined by UV–Vis absorption spectroscopy.

Sample	K_b ($\times 10^4 \text{ M}^{-1}$)	$\log K_b$	Maximum hypochromism (%)	UV–Vis spectral shift	ΔG° (kJ mol^{-1})	Proposed binding mode
(3)	5.14	4.71	87.74	No significant shift	–26.90	Groove binding / Electrostatic

4. CONCLUSIONS

A novel 1,2,3-triazole-based Schiff base Zn(II) complex (3b-Zn) was successfully synthesized and characterized by FT-IR, UV–Vis, NMR, and mass spectrometric analyses. The spectroscopic results confirmed the successful coordination of the Schiff base ligand with the Zn(II) ion and the formation of the proposed complex.

The DNA-binding properties of the synthesized complex were investigated by UV–Vis absorption spectroscopy using FS-dsDNA. The complex exhibited a pronounced hypochromic effect (87.74%) without a significant bathochromic shift, indicating effective interaction with

DNA. The intrinsic binding constant ($K_b = 5.14 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$, $\log K_b = 4.71$) and the negative Gibbs free energy ($\Delta G^\circ = -26.90 \text{ kJ mol}^{-1}$) demonstrated that the binding process was spontaneous and characterized by a moderate affinity toward DNA. The spectroscopic findings suggest that the interaction predominantly occurs through groove-binding and/or electrostatic interactions rather than classical intercalation. Overall, these results demonstrate that the synthesized Zn(II) complex exhibits promising DNA-binding properties and may serve as a useful platform for the development of new triazole-based metal complexes with potential biological applications.

REFERENCES

- [1] H. Sung, J. Ferlay, R.L. Siegel, M. Laversanne, I. Soerjomataram, A. Jemal, F. Bray, Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries, *CA. Cancer J. Clin.* 71 (2021) 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>.
- [2] X. Wang, X. Wang, Z. Guo, Functionalization of Platinum Complexes for Biomedical Applications, *Acc. Chem. Res.* 48 (2015) 2622–2631. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.5b00203>.
- [3] U. Ndagi, N. Mhlongo, M.E. Soliman, Metal complexes in cancer therapy – An update from drug design perspective, *Drug Des. Devel. Ther.* 11 (2017) 599–616. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S119488>.
- [4] F. Bray, M. Laversanne, H. Sung, J. Ferlay, R.L. Siegel, I. Soerjomataram, A. Jemal, Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries, *CA. Cancer J. Clin.* 74 (2024) 229–263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>.
- [5] A. Jux, G. Gleixner, W. Boland, Classification of Terpenoids according to the Methylerythritolphosphate or the Mevalonate Pathway with Natural $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ Isotope Ratios: Dynamic Allocation of Resources in Induced Plants, *Angew. Chemie Int. Ed.* 40 (2001) 2091–2094. [https://doi.org/10.1002/1521-3773\(20010601\)40:11<2091::aid-anie2091>3.3.co;2-x](https://doi.org/10.1002/1521-3773(20010601)40:11<2091::aid-anie2091>3.3.co;2-x).
- [6] S. Haider, M.S. Alam, H. Hamid, 1,2,3-Triazoles: Scaffold With Medicinal Significance, *Inflamm. Cell Signal.* (2014) 1–10. <https://doi.org/10.14800/ics.95>.
- [7] J.E. Moses, A.D. Moorhouse, J.E. Moses, K.B. Sharpless, The growing applications of click chemistry, (2007) 1249–1262. <https://doi.org/10.1039/b613014n>.
- [8] J.E. Moses, A.D. Moorhouse, The growing applications of click chemistry, *Chem. Soc. Rev.* 36 (2007) 1249–1262. <https://doi.org/10.1039/b613014n>.
- [9] L. Damoense, M. Datt, M. Green, C. Steenkamp, Recent advances in high-pressure infrared and NMR techniques for the determination of catalytically active species in rhodium- and cobalt-catalysed hydroformylation reactions, *Coord. Chem. Rev.* 248 (2004) 2393–2407. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2004.04.005>.
- [10] P. Jyothi, A review on Schiff base metal complexes: investigation of DNA binding capability on selected research papers using UV-absorption technique focused mainly on copper complexes, *J. Coord. Chem.* 77 (2024) 1377–1384. <https://doi.org/10.1080/00958972.2024.2385763>.
- [11] S. Kumar, D.N. Dhar, P.N. Saxena, Applications of metal complexes of Schiff bases-A review, 68 (2009) 181–187.
- [12] C.M. Da Silva, D.L. Da Silva, L. V. Modolo, R.B. Alves, M.A. De Resende, C.V.B. Martins, Â. De Fátima, Schiff bases: A short review of their antimicrobial activities, *J. Adv. Res.* 2 (2011) 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2010.05.004>.
- [13] B. Lippert, F. Chemie, Metal-nucleobase chemistry: coordination, reactivity, and base pairing b. lippert, (1995) 179–180.

- [14] C. Andreini, I. Bertini, A bioinformatics view of zinc enzymes, *J. Inorg. Biochem.* 111 (2012) 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2011.11.020>.
- [15] W. Maret, Zinc biochemistry: From a single zinc enzyme to a key element of life, *Adv. Nutr.* 4 (2013) 82–91. <https://doi.org/10.3945/an.112.003038>.
- [16] M.T. Carter, M. Rodriguez, A.J. Bard, Voltammetric Studies of the Interaction of Metal Chelates with DNA. 2. Tris-Chelated Complexes of Cobalt(III) and Iron(II) with 1, 10-Phenanthroline and 2, 2'-Bipyridine, *J. Am. Chem. Soc.* 111 (1989) 8901–8911. <https://doi.org/10.1021/ja00206a020>.
- [17] M. Çelik, Muhammet Köse, *Cumhuriyet Science Journal*, 47 (2026) 469–482. <https://doi.org/10.17776/csj.1826712>.
- [18] M. Çelik, Ö. Güngör, M. Köse, NN-type 1 , 2 , 3-triazole ligands and their transition metal complexes : Synthesis , structure , and DNA binding, 1359 (2026). <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.145483>.
- [19] M. Çelik, S. Çelik, M. Köse, 1 , 2 , 3-Triazole ligand and its Cu (II), Zn (II), Pt (II), Ru (II) complexes : synthesis , anticancer and antibacterial properties, *J. Coord. Chem.* 0 (2026) 1–14. <https://doi.org/10.1080/00958972.2026.2649328>.
- [20] J. Devi, B. Taxak, B. Kumar, S. Rani, studies †, (2025) 7167–7178. <https://doi.org/10.1039/d5dt00274e>.

KAHVE KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE GÜNCEL ÖLÇÜM TEKNOLOJİLERİ

Öğretim Görevlisi, Merve RIZVANOĞLU

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi / Turizm Ve Otel İşletmeciliği Yüksekokulu Antakya/HATAY

ORCID ID: 0009-0000-8868-4205 (31060)

Doç.Dr. Hatice PEKMEZ

Gaziantep Üniversitesi/ Turizm Fakültesi 27310 Şehitkamil / GAZİANTEP

ORCID ID: 0000-0003-3903-469X

Özet

Kahve, küresel tarım ve gıda ticaretinde stratejik öneme sahip olup dünya genelinde en yaygın tüketilen içeceklerden biridir. Artan tüketici beklentileri ve kalite standartları, kahve kalitesinin hızlı, güvenilir ve objektif yöntemlerle değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Kahve kalitesi; çekirdeğin fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimi ve duyuşsal karakteristiklerinin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenen çok boyutlu bir kavramdır. Geleneksel kalite değerlendirme yöntemlerinden biri olan fincan tadımı (cupping), uzman panelist gereksinimi, zaman alıcı olması ve değerlendirmelerin subjektif nitelik taşıması nedeniyle bazı sınırlılıklara sahiptir. Bu derleme çalışmada, kahve kalitesinin belirlenmesinde kullanılan güncel ölçüm teknolojileri ve analiz yöntemleri incelenmiştir. Özellikle kavurma derecesi, aroma, renk, kafein ve nem gibi temel kalite parametrelerinin değerlendirilmesinde kullanılan yenilikçi yaklaşımlar ele alınmıştır. Elektronik burun sistemleri, uçucu aroma bileşiklerini analiz ederek Arabica ve Robusta türlerinin sınıflandırılmasında ve aroma profillerinin belirlenmesinde etkili sonuçlar sunmaktadır. Yakın Kızılötesi (NIR) spektroskopisi, numuneye zarar vermeden protein, yağ, nem ve antioksidan bileşenlerin hızlı ve güvenilir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamakta, ayrıca kahvenin coğrafi kökeninin belirlenmesinde yüksek doğruluk göstermektedir. Görüntü işleme teknikleri ve yapay zekâ tabanlı uygulamalar ise çekirdek boyutu, şekli, renk özellikleri ve kusur analizlerinin objektif olarak gerçekleştirilmesine katkı sağlamaktadır. Özellikle Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) ve YOLOv5 gibi derin öğrenme modelleri, kusurlu çekirdeklerin tespiti ve kavurma seviyelerinin sınıflandırılmasında %95–99 arasında değişen doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir. Sonuç olarak, modern ölçüm teknolojileri kahve kalite değerlendirme süreçlerinde insan kaynaklı hataları azaltmakta, analizlerin doğruluğunu artırmakta ve kalite kontrol süreçlerinin standardizasyonuna önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kahve kalitesi, Elektronik burun, NIR spektroskopisi, Görüntü işleme ve Yapay zeka.

Abstract

Coffee is a widely consumed beverage that plays a significant role in global agricultural and food trade. Advancements in technology and evolving quality standards have necessitated rapid, reliable, and objective methods for evaluating coffee. Coffee quality is a multidimensional concept determined by the combined assessment of physical properties, chemical composition, and sensory characteristics. Traditional quality assessment methods, such as cup tasting (cupping), have certain limitations due to their time-consuming nature and the subjective nature of the evaluations. This section covers current measurement technologies and analytical methods used to characterize coffee, focusing on advanced techniques for assessing key quality parameters such as roast level, aroma, color, caffeine content, and moisture. Electronic nose systems yield effective results in classifying Arabica and Robusta varieties and determining aroma profiles by analyzing organic aroma compounds. Near-Infrared (NIR) spectroscopy enables rapid, reliable, and non-destructive analysis of protein, fat, moisture, and antioxidant content, while also demonstrating high accuracy in determining the coffee's origin. Image processing techniques and artificial intelligence applications facilitate the objective analysis of bean size, shape, color characteristics, and defects. In particular, deep learning models—such as Convolutional Neural Networks (CNN) and YOLOv5—can achieve excellent accuracy rates of 95–99% in classifying defective beans and roast outcomes. In conclusion, modern measurement technologies make significant contributions to reducing human error in coffee quality assessment, expanding the scope of analyses, and standardizing quality controls.

Keywords: Coffee quality, Electronic nose, NIR spectroscopy, Image processing, and Artificial intelligence.

1.GİRİŞ

Kahve (*Coffea* spp.), dünya genelinde en fazla tüketilen içeceklerden biri olup küresel tarım ve gıda ticaretinde önemli bir yere sahiptir. Uluslararası Kahve Örgütü (ICO, 2024) verilerine göre dünya kahve tüketimi son yıllarda sürekli artış göstermekte ve bu durum kahve kalitesinin güvenilir yöntemlerle değerlendirilmesine yönelik çalışmaları ön plana çıkarmaktadır. Kahve kalitesi; çekirdeğin fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimi ve duyuşal karakteristiklerinin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenen çok boyutlu bir kavramdır. Aroma, tat, asidite, gövde, denge ve son tat gibi duyuşal özellikler kaliteli kahvenin temel göstergeleri arasında kabul edilmektedir. Bununla birlikte kahvenin kalite özellikleri; tür, yetiştirme koşulları, hasat sonrası işlemler, kavurma derecesi ve demleme yöntemleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle

kahve kalitesinin belirlenmesi karmaşık ve çok parametrelili bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Seninde , 2020).

Kahvenin kalite özellikleri, yeşil kahve çekirdeğinin yapısal ve kimyasal niteliklerinden başlayarak kavurma ve demleme aşamalarına kadar uzanan çok sayıda faktörün etkisi altında şekillenmektedir (Gök, 2021). Kahve kalitesinin değerlendirilmesinde aroma bileşimi, pH, titre edilebilir asitlik, toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarı, viskozite ve renk parametreleri gibi fizikokimyasal göstergeler önemli ölçütler olarak kullanılmaktadır (Genovese et al., 2025). Bunun yanı sıra kahvenin duysal kalitesi; fiziksel, kimyasal ve duysal özelliklerin birlikte değerlendirilmesiyle ortaya çıkmakta olup, özellikle yetiştirme koşulları, hasat uygulamaları ve hasat sonrası işlemler bu özelliklerin oluşumunda belirleyici rol oynamaktadır (Coşgun & Torun, 2022). Kavurma sürecinde gerçekleşen Maillard reaksiyonları yalnızca renk oluşumunu değil, aynı zamanda aroma bileşenlerinin gelişimini de etkileyerek kahvenin duysal profilini önemli ölçüde değiştirmektedir (Rocchetti et al., 2020).

Kahve kalitesinin değerlendirilmesinde kimyasal özelliklerin yanı sıra fiziksel analizler de önemli bir yer tutmaktadır. Yeşil kahve çekirdeklerinin nem miktarı, toplam çözünmüş madde içeriği ve elektriksel iletkenlik gibi parametreler, ürünün depolama stabilitesi ve potansiyel fincan kalitesi hakkında ön bilgi sağlamaktadır (Silva, 2022). Bunun yanında çekirdek iriliği, bin tane ağırlığı ve yabancı madde oranı gibi fiziksel özellikler; ürünün ticari değerini, işleme performansını ve kalite standardizasyonunu doğrudan etkileyen temel kriterler arasında kabul edilmektedir (Bichob,2017).

2.ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1.Kahvede Kaliteyi Belirleyen Temel Parametreler

Kahve kalite parametreleri kavurma, aroma, renk, kafein ve nem farklı mekanizmalarla fincan kalitesini belirler; her biri için hem duysal hem de fizikokimyasal standart ve ölçüm yöntemleri vardır. Kontrol çoğunlukla roast profili, duysal panel ve laboratuvar analizleri ile sağlanırken güncel ölçüm teknolojilerinin gelişmesiyle farklı yöntemler de kullanılmaya başlanmıştır.

2.1.1.Kavurma Derecesi

Kavurma derecesi kahve çekirdeğinin kimyasal dönüşümlerini, fiziksel görünümünü ve tadını doğrudan belirler; bu yüzden kalite değerlendirmede ilk ve en kritik parametredir. Kavurma belirlenirken görsel, fiziksel ve kimyasal göstergeler bir arada kullanılır ve gerçek zamanlı kontrol gerektirir.Standartlar Kavurma dereceleri genellikle hafif-orta-orta-koyu-koyu gibi kategorilere ayrılır ve ticari/araştırma literatüründe bu sınıflamalar roast profili, renk ve kütle

kaybı ile ifade edilir (Noor Aliah , 2015)Kavurma derecesinin kritik olmasının sebebi; kavurma sırasında su kaybı, Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon gibi süreçler aroma ve acılık dengesi ile çözünebilir bileşen profilini belirlerlemekte ve bu dönüşümler cup kalitesine doğrudan yansımaktadır (Tarigan et al., 2022).

2.1.2.Aroma

Aroma, kavurma ve ham madde kompozisyonunun birleşik sonucu olup fincan algısını ve kalite sınıfını belirler; hem duyuşal paneller hem de kimyasal profillemeye değerdendirilir. Aromanın dayandığı uçucu ve non-uçucu bileşenler kavurma sırasında hızla değışir. Standartlar Ticari ve araştırma değerdendirmelerinde aroma, cupping profilleri ve duyuşal tanımlayıcılar ile sınıflandırılır; olfaktör kriterler kalite raporlarında yer almaktadır (Bicho, 2013). Uçucu bileşenlerin dağılımı ve Maillard/karamelizasyon türevleri fincanın hoşluğu, kompleksitesi ve hoş olmayan notaların (yanık, is, aşırı acılık) varlığı üzerinde belirleyici olduğundan dolayı kritiktir(Hu, 2020).

2.1.3.Renk

Renk, kavurma derecesinin en kolay ve tekrarlanabilir fiziksel göstergesidir ve kavurma kontrolünde başlıca nicel kriter olarak kullanılır. Renk değışimi doğrudan kavurma süresi/ısı profili ve çekirdek bileşimi ile ilişkilidir. Standartlar Renk değerdendirmesi genellikle CIELAB L* (ışıklılık) ve ilgili parametrelerle yapılır; L* değeri arttıkça açık kavrum, azaldıkça koyu kavrum gösterir ve çalışmalarda L* aralıkları raporlanmıştır (Tarigan, 2022). Renk, kavurma derecesini ve dolayısıyla aroma-tad profilini dolaylı olarak gösterir; tutarlı renk kontrolü tutarlı fincan kalitesi sağladığından dolayı kalite için önem arz etmektedir. Ölçüm yöntemleri Renkölçer (kolorimetre) veya spektrofotometrik ölçümler ile Lab değerdeleri, görüntü analizi veya görsel karşılaştırma kullanılır; çalışmalarda renk verileri roast optimizasyonunda temel girdi olarak kabul edilmiştir (Hu, 2020).

2.1.4. Kafein

Kafein hem duyuşal olarak acılık/uyuşturucu etki ile ilişkilendirilen bir bileşen hem de etiketleme/ürün bilgi gereksinimleri için ölçülen bir bileşendir. Kavurma sırasında kafein nispeten kararlı kalır, bu yüzden çekirdek türü ve işleme aşamaları asıl belirleyicilerdir. Standartlar Kafein miktarları ticari etiketleme ve kalite raporlarında mg/g veya % olarak bildirilir; türler (Arabica vs Robusta) ve bölge farklılıkları yaygındır ve analizle doğrulanır. Kafein içeriği fincandaki acılık ve uyarıcı özelliği etkiler; kavurma sırasında büyük oranda korunur, bu nedenle başlangıç konsantrasyonu son ürünü güçlü biçimde etkiler (Acquaticci, 2023).

2.1.5.Nem

Nem roast ve depolama güvenliği, ekstraksiyon verimi ve mikrobiyal stabilite açısından kritik bir parametredir; hem kavurma sonrası hedef nem değerleri hem de depolama şartları kaliteyi etkiler. Nem ölçümü üretim hattında ve laboratuvarında düzenli izlemeyi gerektirir. Standartlar Roasting sonrası hedef nem genellikle düşük seviyelerdedir; çalışmalarda kavrulmuş çekirdek nemi örnek aralıkları 1–3% civarında raporlanmıştır ve bazı örneklerde optimal nem ~1.3–1.4% olarak bildirilmiştir (Bicho, 2013). Yüksek kalan nem depolama sırasında kalite bozulmasına ve mikrobiyal risklere yol açarken çok düşük nem istenmeyen fiziksel kırılganlık ve tat değişiklikleri oluşturabilir; ayrıca kavurma sırasında su kaybı reaksiyonları etkilediğinden dolayı kritik rol oynar(Harlianingtyas, 2026).

2.2.Kahve Kalitesini Değerlendirmede Güncel Teknolojileri

Kahve sektöründe kalite değerlendirmesinin hızlı, güvenilir ve nesnel yöntemlerle gerçekleştirilmesi, geleneksel duyu analizlerin bireysel farklılıklardan etkilenebilmesi nedeniyle giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen elektronik burun sistemleri, bilgisayarlı görüntü uygulamaları ve spektroskopik teknikler, kahvenin kalite özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan modern analiz araçları arasında yer almaktadır (Barea-Ramos et al., 2022; Salazar, 2026). Söz konusu teknolojiler, kahvenin kimyasal ve fiziksel özelliklerini yüksek hassasiyetle analiz ederek kalite kontrol süreçlerinin daha etkin bir şekilde yürütülmesine katkı sağlamaktadır.

2.2.1.Elektronik Burun Sistemleri

Elektronik burun sistemleri, uçucu aroma bileşiklerinden elde edilen verileri gelişmiş veri işleme yöntemleriyle değerlendirerek kahve örneklerinin aroma profillerinin sınıflandırılmasına olanak tanımaktadır. Bu sistemler aynı zamanda depolama veya işleme süreçlerinde meydana gelebilecek istenmeyen koku değişimlerinin belirlenmesinde de etkili sonuçlar vermektedir (Caray et al., 2023; Gonzalez, 2021). Geleneksel gaz kromatografisi analizlerine kıyasla daha kısa sürede sonuç vermesi ve daha düşük işletme maliyetine sahip olması nedeniyle elektronik burun teknolojileri, kahve kalite kontrolünde önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Casco et al., 2023).

Romani ve arkadaşları, elektronik burun ve yapay sinir ağı tabanlı veri analiz yöntemlerinin kahve kavurma derecelerinin belirlenmesinde yüksek performans sergilediğini rapor etmiştir. Araştırma sonuçları, bu teknolojilerin kahvenin aromatik profilini temel alarak farklı kavurma seviyelerini başarıyla ayırt edebildiğini ve kalite kontrol süreçlerinde otomasyona katkı sağlayabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca söz konusu yaklaşımın,

kahve endüstrisinde daha tutarlı ve standardize edilmiş kalite değerlendirme prosedürlerinin oluşturulmasına yardımcı olabileceği belirtilmiştir (Romani et al.,2012).Yine kahve kalitesini belirlemede e nose ile yapılan bir çalışmada Arabika ve Robusta kahve çekirdeklerinin sınıflandırılmasında elektronik burun teknolojisinin uygulanabilirliğini araştırılmış; çalışma sonuçları, elektronik burun sisteminin kahvelere özgü uçucu aroma bileşiklerini analiz ederek türler arasında güvenilir bir ayırım yapabildiğini göstermiştir. Ayrıca bu yaklaşımın, ticari değeri daha düşük kahvelerin yüksek kaliteli kahvelerle karıştırılması gibi kalite ve güvenilirlik sorunlarının belirlenmesinde hızlı, düşük maliyetli ve pratik bir çözüm sunabileceği vurgulanmıştır. Böylece elektronik burun teknolojisinin kahve endüstrisinde kalite güvencesi ve ürün doğrulama süreçlerine önemli katkılar sağlayabileceği ifade edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada, dört farklı kahve türünün aroma karakteristikleri elektronik burun (E-burun) ve duyu analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kahve örneklerinin uçucu bileşik profilleri bakımından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Elektronik burun verilerinin temel bileşen analizi (PCA) ile incelenmesi, farklı kahve türlerinin başarılı bir şekilde ayrıştırılabildiğini göstermiştir. Duyusal değerlendirmeler ise kahve örneklerinin kavrulmuş, çikolata, fındık, karamel ve tatlı aroma gibi kendilerine özgü lezzet özelliklerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca belirli uçucu bileşik gruplarının bu duyu özellikleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, elde edilen bulguların kahve aroma profilinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacağını ve üretim süreçlerinin optimize edilerek daha yüksek kaliteli ürünlerin geliştirilmesine yardımcı olabileceğini belirtmiştir (Cascos, 2023).

2.2.2.Spektroskopik Teknikler

Spektroskopik yöntemler ise kahvenin kimyasal yapısına ilişkin kapsamlı bilgiler sağlayarak kalite sınıflandırmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle Yakın Kızılötesi (NIR) spektroskopisi, kahve çekirdeklerinin coğrafi kökeninin belirlenmesi, kavurma derecesinin tespiti ve kalite farklılıklarının ortaya konulması amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu teknikler, kısa analiz süresi ve numuneye zarar vermeden ölçüm yapılabilmesi gibi avantajlar sunmaktadır (Rodrigues et al., 2024).

Bunun yanında görüntü işleme teknolojileri, kahve çekirdeklerinin boyut, şekil, renk ve yüzey kusurları gibi fiziksel özelliklerini objektif kriterler doğrultusunda değerlendirmeye imkân vermektedir. Böylece kalite kontrol süreçlerinde insan kaynaklı hataların azaltılması ve standardizasyonun sağlanması mümkün olmaktadır (Wu et al., 2023). Özellikle kavurma işlemi

sırasında meydana gelen renk değişimlerinin sayısal olarak izlenebilmesi, ürün kalitesinin daha hassas şekilde kontrol edilmesine katkı sağlamaktadır (Romani et al., 2012).

2.2.2.1.Yakın Kızılötesi Spektroskopisi

Kahve kalitesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan geleneksel fincan tadımı (cupping) yöntemi, uluslararası kabul görmüş bir değerlendirme yaklaşımı olmasına rağmen uzman panelistlere ihtiyaç duyması, değerlendirmelerin kişiden kişiye değişebilmesi ve uygulama maliyetlerinin yüksek olması gibi bazı sınırlılıklara sahiptir (Belchior et al., 2022; Martins et al., 2025). Bu nedenle son yıllarda, daha hızlı ve nesnel sonuçlar sunabilen analitik yöntemlere olan ilgi artmıştır. Bu yöntemlerden biri olan yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS), numuneye zarar vermeden kısa sürede analiz yapılmasına olanak sağlayan etkili bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır (Giraud et al., 2018; Silva et al., 2017).

NIRS teknolojisi, kahve çekirdeklerinin kimyasal yapısına ilişkin kapsamlı bilgiler sunabilmekte ve protein, yağ ile antioksidan bileşenler gibi kaliteyi etkileyen birçok parametrenin belirlenmesinde başarılı sonuçlar vermektedir (Catelani et al., 2016; Yuwita et al., 2023). Ayrıca bu teknik, kemometrik analiz yöntemleriyle birlikte kullanıldığında kahvenin nem içeriği, kavrulma seviyesi ve coğrafi kökeni gibi özelliklerin hızlı ve güvenilir şekilde tahmin edilmesine olanak tanımaktadır (Baqueta et al., 2019). Geleneksel laboratuvar analizlerinde gerekli olan uzun hazırlık aşamaları ve kimyasal reaktif kullanımı büyük ölçüde ortadan kalktığından, NIRS hem zaman tasarrufu sağlamakta hem de analiz süreçlerinin verimliliğini artırmaktadır (Aurum et al., 2022; Munawar et al., 2024). NIRS teknolojisinin kahve analizindeki potansiyeli, kafein, klorojenik asitler ve karbonhidratlar gibi temel kalite belirteçlerinin nicel tayininde geniş kapsamlı çalışmalarla ortaya konulmuştur (Arboleda, 2018; Santos-Rivera et al., 2024). Özellikle 1.000 ile 2.500 nm dalga boyu aralığında gerçekleştirilen yansıma spektroskopisi ölçümleri, temel bileşen regresyonu ve kısmi en küçük kareler regresyonu gibi çok değişkenli kalibrasyon yaklaşımları sayesinde yüksek determinasyon katsayılarıyla başarılı sonuçlar vermektedir (Munawar et al., 2024). Bununla birlikte, bu yöntemin başarısı; kimyasal bağların spektral etkileşimlerini anlamlandırmak amacıyla uygulanan veri ön işleme süreçlerine ve karakteristik dalga boyu seçim stratejilerine doğrudan bağlıdır (Çataltaş & Tütüncü, 2021; Li et al., 2024). Söz konusu teknik, kavurma sürecinin gerçek zamanlı takibinde veya ilk ve ikinci çatlama evrelerinin belirlenmesinde olduğu gibi, fiziksel değişimlerin kimyasal işaretlerle korelasyonu sayesinde süreç optimizasyonunda kritik bir rol oynamaktadır (Grassi et al., 2023). Ayrıca, çok değişkenli analiz yöntemleri kullanılarak

yapılan çalışmalar, kahvenin saflık kontrolü ve orijin tayininde bu tekniğin %100'e varan doğruluk oranlarıyla sınıflandırma yapabildiğini doğrulamaktadır (Pérez et al., 2023).

2.2.3.Görüntü İşleme ve Yapay Zeka

Görüntü işleme ve yapay zekâ uygulamaları çekirdek boyutu ve kusur tespiti için segmentasyon ve nesne tespiti, kavurma tespiti için renk ve doku tabanlı özellik çıkarımı ve CNN tabanlı sınıflandırmalar kullanır.

2.2.3.1.Çekirdek Boyutu

Kahve kalitesinin belirlenmesi, dijital görüntü işleme yöntemleri kullanılarak hassas parametreler ve kalite sınıflandırmaları üretilerek, fotoğrafların ve hareketli görüntülerin kolayca anlaşılabilmesi için daha kaliteli görüntüler elde edilerek yapılabilir. Kahve kavurma kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan şekil parametreleri, kahve çekirdeklerinin morfolojik özelliklerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu değerlendirme sürecinde öncelikle Arabica ve Robusta kahve çekirdekleri birbirinden ayırt edilmekte, ardından çekirdeklerin kusurlu veya kusursuz olup olmadığı tespit edilmektedir. Şekil analizinde kullanılan temel parametreler; alan, çevre, eşdeğer çap ve yuvarlaklık oranıdır. Alan, görüntü üzerindeki nesneyi oluşturan piksel sayısının belirlenmesiyle hesaplanırken, çevre parametresi çekirdeğin sınırını oluşturan piksel sayısına dayanmaktadır. Eşdeğer çap, incelenen kahve çekirdeği ile aynı alana sahip dairenin çapı olarak tanımlanmaktadır. Yuvarlaklık oranı ise çekirdeğin geometrik formunun daireselliğini değerlendirmek amacıyla kullanılan önemli bir şekil göstergesidir. Bu parametreler sayesinde kahve çekirdeklerinin kalite sınıflandırması ve kusur tespiti daha objektif ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Santoso et al., 2024).Segmentasyon ve ölçüm U-Net gibi piksel düzeyinde segmentasyon modelleri ile çekirdekler arka plandan ayrılarak boyut ve şekil metrikleri elde edilir; bir çalışmada U-Net ile ortalama IoU=0.8833 ve Dice=0.9375 raporlanmıştır (Alamanda et al., 2025).

Luis ve arkadaşları kusurlu çekirdeklerin manuel olarak ayırt edilmesinin güç olduğunu belirtip bu amaçla; kırık, siyah ve normal kahve çekirdeklerinin otomatik olarak sınıflandırılmasına yönelik görüntü işleme tabanlı bir kusur tespit sistemi geliştirmişlerdir. Çalışmada nesne tespit algoritmalarından biri olan You Only Look Once'ın güncel sürümü (YOLOv5) kullanılmış ve sistem performansı karışıklık matrisi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen sistemin %95,11 genel doğruluk oranına ulaştığını belirtmiştir (Luis et al., 2022) .

Yapılan bir başka çalışmada , görüntü işleme ve makine öğrenmesi temelli yaklaşımların kahve çekirdeği kusurlarının tespitinde yüksek performans gösterebildiğini belirtmiştir. Geliştirilen

model, böcek hasarına bağlı siyah lekeler ve kuruma kaynaklı yüzey deformasyonları gibi kusurları ayırt edecek şekilde eğitilmiş olup, yüksek doğruluk ve hızlı analiz kapasitesi sayesinde otomatik kalite kontrol uygulamaları için önemli bir potansiyel ortaya koymuştur. Ayrıca modelin, manuel değerlendirme süreçlerinde karşılaşılan iş gücü gereksinimini azaltarak daha verimli ve standartlaştırılmış kalite kontrol imkânı sunduğu ifade edilmiştir (Chang, 2021).

2.2.3.2.Renk

Kavrulmuş kahve çekirdeklerinin kalite değerlendirilmesinde RGB, gri tonlama ve HSI (Hue, Saturation, Intensity) özelliklerinin birlikte kullanılmasının daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bunun temel nedeni, bu özelliklerin görüntü işleme sürecinde farklı ancak birbirini tamamlayan görevler üstlenmesidir. RGB renk sistemi, kahve çekirdeklerinin renk yapısını ve genel görünümünü ortaya koyarken, HSI dönüşümü ışık koşullarından kaynaklanan farklılıkların azaltılmasına yardımcı olmakta ve çekirdeklerin renk özelliklerinin daha net bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Gri tonlama işlemi ise görüntünün sadeleştirilmesine katkıda bulunarak çekirdeklerin arka plandan daha kolay ayrılmasına olanak vermektedir (Santoso et al., 2024) Böylece analiz için kullanılan görüntüler daha temiz ve daha anlamlı hale gelmektedir. Bu özelliklerin birlikte değerlendirilmesi, sonraki sınıflandırma ve kalite analizlerinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayarak sistem performansını artırmaktadır.

Bir çalışmada, Coffea arabica çekirdeklerinin kavrulma düzeylerinin belirlenmesi amacıyla RGB renk özellikleri ile GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) doku özelliklerini bir araya getiren hibrit bir Evrişimsel Sinir Ağı (CNN) modeli geliştirilmiştir. Araştırmada yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılmış ve görüntülerden ayrıntılı renk ile doku bilgilerini elde edebilmek için kayan pencere yaklaşımına dayalı yerel özellik çıkarımı uygulanmıştır. Çalışma kapsamında yalnızca RGB verilerini kullanan CNN modeli, yalnızca GLCM özelliklerine dayanan CNN modeli ve RGB ile GLCM verilerini birlikte değerlendiren çift girişli hibrit CNN modeli olmak üzere üç farklı yaklaşım karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, hibrit modelin diğer modellere göre daha başarılı performans sergilediğini göstermiştir. Söz konusu model, %99,74 doğruluk oranına ulaşırken yanlış sınıflandırma oranlarının oldukça düşük olduğu ve eğitim süreci boyunca kararlı bir öğrenme performansı sergilediği belirlenmiştir (Halim, 2025). Bu bulgular, kahve çekirdeklerinin kavrulma seviyelerinin belirlenmesinde renk ve doku özelliklerinin birlikte değerlendirilmesinin, tek bir özellik grubuna dayalı yaklaşımlara kıyasla daha güvenilir sonuçlar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

3.SONUÇ

Son yıllarda yapay zekâ destekli veri analiz yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, kahve kalitesinin değerlendirilmesinde elde edilen büyük veri setlerinin işlenmesi ve yorumlanması daha etkin hale gelmiştir. Makine öğrenmesi ve diğer ileri analiz yaklaşımları, kimyasal bileşim ile duyuşal özellikler arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasına yardımcı olmakta ve kalite tahmin modellerinin doğruluğunu artırmaktadır (Bagnulo et al., 2024). Özellikle elektronik burun sistemlerinin yapay zekâ algoritmaları ile entegre edilmesi, düşük maliyetli sensör yapıları kullanılarak dahi oldukça yüksek sınıflandırma başarılarının elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

Sonuç olarak elektronik burun, spektroskopik analizler ve görüntü işleme sistemleri gibi modern ölçüm teknolojileri, kahvenin kalite özelliklerinin değerlendirilmesinde geleneksel yöntemleri destekleyen güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler, daha hızlı ve güvenilir analizler sağlayarak kahve endüstrisinde kalite güvencesi ve süreç optimizasyonuna önemli katkılar sunmaktadır (Vanaraj, 2025).

KAYNAK

- Alamanda, F., Susanto, R., & Lestari, W. (2025). Visual Segmentation and Classification of Coffee Beans After Roasting. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 9(4), 1354–1362. <https://doi.org/10.30871/jaic.v9i4.9758>
- Arboleda, E. R. (2018). Discrimination of civet coffee using near infrared spectroscopy and artificial neural network. *International Journal of Advanced Computer Research*, 8(39), 324-334.
- Aurum, F. S., Imaizumi, T., Manasikan, T., Praseptiangga, D., & Nakano, K. (2022). Coffee origin determination based on analytical and nondestructive approaches—A systematic literature review. *Reviews in Agricultural Science*, 10, 257-287.
- Bagnulo, E., Strocchi, G., Bicchi, C., & Liberto, E. (2024). Industrial food quality and consumer choice: Artificial intelligence-based tools in the chemistry of sensory notes in comfort foods (coffee, cocoa and tea). *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104415.
- Baqueta, M. R., Coqueiro, A., & Valderrama, P. (2019). Brazilian coffee blends: A simple and fast method by near-infrared spectroscopy for the determination of the sensory attributes elicited in professional coffee cupping. *Journal of food science*, 84(6), 1247-1255.
- Belchior, V., Botelho, B. G., & Franca, A. S. (2022). Comparison of spectroscopy-based methods and chemometrics to confirm classification of specialty coffees. *Foods*, 11(11), 1655.
- Bicho, N. C., Lidon, F. C., & Ramalho, J. C. (2013). Quality assessment of Arabica and Robusta green and roasted coffees-A review. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 25(12).
- Bicho, N. C., Lidon, F. C., Ramalho, J. C., & o, A. nio E. L. (2017). QUALITY ASSESSMENT OF ARABICA AND ROBUSTA GREEN AND ROASTED COFFEES - A REVIEW. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(12), 945–950.
- Cascos, G., Lozano, J., Arroyo, P., Ruiz-Canales, A., Oates, M. J., & Martín-Vertedor, D. (2023). Fusion data of digital olfaction devises for the evaluation of the quality of fresh coffee beans.
- Catelani, T. A., Páscoa, R. N., Santos, J. R., Pezza, L., Pezza, H. R., Lima, J. L., & Lopes, J. A. (2017). A non-invasive real-time methodology for the quantification of antioxidant properties in coffee during the roasting process based on near-infrared spectroscopy. *Food and Bioprocess Technology*, 10(4), 630-638.
- Chang, S. J., & Huang, C. Y. (2021). Deep learning model for thenspection of coffee bean defects. *Applied Sciences*, 11(17), 8226.

- Coşgun, G. Ve Torun, M. (2022). Depolama Sıcaklığının Türk Kahvesinin Kafein, Klorojenik Asit Ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi. *Gıda*, 47 (5), 904-915. <https://izlik.org/Ja49ua63ts>
- Çataltaş, Ö. ve Tütüncü, K. (2021). Yakın kızılötesi spektroskopide kullanılan veri analizi tekniklerinin gözden geçirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 475-484.
- Genovese, A., Caporaso, N., & Baiano, A. (2025). The Impact of Brewing Methods on the Quality of a Cup of Coffee. *Beverages*, 11(5), 125. <https://doi.org/10.3390/beverages11050125>
- Giraud, A., Grassi, S., Savorani, F., Gavoci, G., Casiraghi, E., & Geobaldo, F. (2019). Determination of the geographical origin of green coffee beans using NIR spectroscopy and multivariate data analysis. *Food Control*, 99, 137-145.
- Gonzalez Viejo, C., Tongson, E., & Fuentes, S. (2021). Integrating a low-cost electronic nose and machine learning modelling to assess coffee aroma profile and intensity. *Sensors*, 21(6), 2016.
- Gök, İ. (2021). Kavurma işlemi, demleme/pişirme yöntemlerinin kahvenin biyoaktif bileşenlerine etkisi: Fonksiyonel içecek olarak insan sağlığına faydaları. *Food and Health*, 7(4), 311-328.
- Halim, R., & Riftiarrasyid, M. F. (2025). Hybrid CNN-based classification of coffee bean roasting levels using RGB and GLCM features. *Engineering, Mathematics and Computer Science Journal (EMACS)*, 7(3), 249–261. <https://doi.org/10.21512/emacsjournal.v7i3.13420>
- Harlianingtyas, I., Pertami, R. R. D., Pratiwi, B. Y., & Cahyaningrum, D. G. (2026). The effects of roasting temperature and time on quality attributes of Sumberjambe robusta coffee. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 210, p. 02038). EDP Sciences.
- Hu, G., Peng, X., Gao, Y., Huang, Y., Li, X., Su, H., & Qiu, M. (2020). Effect of roasting degree of coffee beans on sensory evaluation: Research from the perspective of major chemical ingredients. *Food chemistry*, 331, 127329.
- International Coffee Organization (ICO). 2024. Coffee Market Report 2024. London, UK.
- İncegöl, A. C., & Taşdelen, K. (2021). Elektronik Burun Kullanılarak Arabika (Coffea Arabica) ve Robusta (Coffea Canephora) Kahvelerinin Ayırıştırılması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 5(2), 101-106. <https://doi.org/10.30516/bilgesci.912146>
- Li, T., Yu, X., Zu, W., Cai, Y., & Hong, W. (2024). Application and research progress of near infrared spectroscopy for multidimensional assessment of coffee beans. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 32(6), 179-191.
- Luis, V. A. M., Quiñones, M. V. T., & Yumang, A. N. (2022). Classification of defects in Robusta green coffee beans using YOLO. In *2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology (IICAIET)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IICAIET55139.2022.9936831>
- M. F., Valente, D. S. M., & Teófilo, R. F. (2025). Prediction of coffee sensol using near-infrared spectroscopy: *Coffee Science*, 20,1
- Martins, R. N., Pinto, F. de A. de C., Queiroz, D. M. de, Corrêdo, L. de P, Carde
- Munawar, A. A., Yuwita, N. A., Purnama, D., Fitriani, F., & Wibowo, A. (2025). Prediction of coffee sensory attributes using near-infrared spectroscopy. *Coffee Science*, 20(1), e202369. <https://doi.org/10.25186/cs.v20i.2369>
- N. C. Bicho, F. C. Lidon, J. C. Ramalho, and A. nio E. L. o, “Quality assessment of Arabica and robusta green and roasted coffees - a review.,” *Emirates Journal of Food and Agriculture*, vol. 25, no. 12, pp. 945–950, Jan. 2013, doi: 10.9755/EJFA.V25I12.17290.
- Noor Aliah, A. M., & Noor Diana, A. M. (2015). A Review of Quality Coffee Roasting Degree Evaluation. <http://www.aensiweb.com/old/jasa/rjfh/2015/IPN%20Kuching%20Special/18-23.pdf>
- Perez, M., Domínguez-López, I., López-Yerena, A., & Vallverdu Queralt, A. (2023). Current strategies to guarantee the authenticity of coffee. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(4), 539-554.
- Rocchetti, G., Braceschi, G. P., Odello, L., Bertuzzi, T., Trevisan, M., & Lucini, L. (2020). Identification of markers of sensory quality in ground coffee: An untargeted metabolomics approach. *Metabolomics*, 16(12), 127.
- Rodrigues, S. S., Dias, L. G., & Teixeira, A. (2024). Emerging methods for the evaluation of sensory quality of food: Technology at service. *Current Food Science and Technology Reports*, 2(1), 77-90.

- Romani, S., Cevoli, C., Fabbri, A., Alessandrini, L., & Dalla Rosa, M. (2012). Evaluation of coffee roasting degree by using electronic nose and artificial neural network for off-line quality control. *Journal of food science*, 77(9), C960-C965.
- Salazar, V. D. R. R., & Carrión, N. O. F. (2026). Aplicación de inteligencia artificial en evaluación y clasificación de café: Una revisión sistemática. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 14(33), 18-32.
- Santoso, I., Yuanita, E., & Karomah, R. (2024). Application of digital image processing method for roasted coffee bean quality identification: a systematic literature review. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 24(1), 25264–25287.
<https://doi.org/10.18697/ajfand.126.23410>
- Santos-Rivera, M., Montagnon, C., & Sheibani, F. (2024). Identifying the origin of Yemeni green coffee beans using near infrared spectroscopy: a promising tool for traceability and sustainability. *Scientific Reports*, 14(1), 13342.
- Seninde, D.R., Chambers IV, E. (2020). Coffee flavor: A review. *Beverages*, 6(3), 44
- Silva, M. R., Bragagnolo, F. S., Carneiro, R. L., Pereira, I. D. O. C., Ribeiro, J. A. A., Rodrigues, C. M., ... & Funari, C. S. (2022). Metabolite characterization of fifteen by-products of the coffee production chain: From farm to factory. *Food chemistry*, 369, 130753.
- Silva, T. V., Hubinger, S. Z., Neto, J. A. G., Milori, D. M. B. P., Ferreira, E. J., & Ferreira, E. C. (2017). Potential of Laser Induced Breakdown Spectroscopy for analyzing the quality of unroasted and ground coffee. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 135, 29-33.
- Tarigan, E. B., Wardiana, E., Hilmi, Y. S., & Komarudin, N. A. (2022). The changes in chemical properties of coffee during roasting: A review. *IOP Conference Series*, 974(1), 012115.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012115>
- Vanaraj, R., IP, B., Mayakrishnan, G., Kim, I. S., & Kim, S. C. (2025). A systematic review of the applications of electronic nose and electronic tongue in food quality assessment and safety. *Chemosensors*, 13(5), 161.
- Wu, H., Viejo, C. G., Fuentes, S., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. (2024). Evaluation of spontaneous fermentation impact on the physicochemical properties and sensory profile of green and roasted arabica coffee by digital technologies. *Food Research International*, 176, 113800.
- Yuwita, F., Ifmalinda, I., & Makky, M. (2023). Prediction of caffeine and protein of arabica coffee beans using near infrared spectroscopy (NIRS). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(4), 852-862.

SOSYAL MEDYA KULLANICILARININ SOSYAL KARŞILAŞTIRMA EĞİLİMLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Sevgi TULUPCU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Psikoloji Programı,
sevgitulupcu@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1329-383X>

Prof. Dr. Bozkurt KOÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
bozkurt.koc@omu.edu.tr

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6295-8009>

ÖZET

Sosyal medya gündelik yaşamın merkezinde önemli bir yere sahiptir ve bireylerin sosyal medya kullanım amaçları kişiden kişiye farklılık göstermektedir. Sosyal medya bireylerin sosyal karşılaştırma eğilimlerini etkilemekte, bireyler kendilerini diğerleri ile kıyaslamakta ve bireylerde bu kıyaslamanın olumlu ve olumsuz sonuçları görülmektedir. Bu çalışma, dijitalleşen dünyada sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimlerini mevcut literatür temelinde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışmamızda derlenen bilgiler dört bölümde sunulmuştur. Giriş bölümünde konu üzerinde genel bir değerlendirme sunulmuştur. İkinci bölümde sosyal medya kavramı açıklanmış, sosyal medya kullanım amaçları, motivasyonları ele alınmıştır. Sosyal medyanın bireyler üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde Sosyal Karşılaştırma Kuramı ele alınarak; yukarı yönlü, aşağı yönlü karşılaştırma mekanizmaları, vekil model, asimilasyon ve kontrast kavramları açıklanmıştır. Bireylerin kıyaslama yapma yatkınlıklarını ifade eden sosyal karşılaştırma yönelimi kavramı, kişilik özellikleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ayrıca iş ortamında, kronik hastalığı olan gruplarla, yaşlılarla, ebeveynlerle yapılan çalışmalarda sosyal karşılaştırma değişkeninin ele alındığı çalışmalar sunulmuştur. Dördüncü bölümde ise sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimleri, literatür doğrultusunda ele alınmıştır. Bu bölümde incelenen bulgular; sosyal karşılaştırmaların yönüne göre kişilerin duygularının değiştiğini, bazı çalışmalarda düşük öz saygı ve öz değere sahip grupların yukarı yönlü karşılaştırma yaptıkları, yukarı yönlü karşılaştırmaların ise beden imajı, öznel iyi oluş, depresyon ve kıskançlıkla ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca sosyal karşılaştırma yönelimi ile algılanan sosyal destek ve benlik saygısının negatif yönde ilişkili olduğu görülmüştür. Ancak bu bulguların tersi sonuçlar sunan çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Sosyal medya platformlarının sunduğu içerik çeşitliliği ve etkileşim biçimleri, kullanıcıların sosyal karşılaştırma deneyimlerini karmaşıklştırmaktadır. Sonuç olarak sosyal karşılaştırmaların etkisinin tek yönlü olmadığı, bireysel özellikler, bağlama yüklenen anlam doğrultusunda

şekillenebileceği, yukarı ve aşağı yönlü karşılaştırmaların bazen motivasyon kaynağı bazen de ruh sağlığı, duygular üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği görülmektedir. Bu araştırmada sosyal medya platformları ayrı ayrı ele alınmamıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda sosyal medya platformunun ayrı ayrı değerlendirilmesi, sosyal karşılaştırma süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Aşağı yönlü karşılaştırma, Sosyal medya, Sosyal karşılaştırma, Yukarı yönlü karşılaştırma

AN EXAMINATION OF THE SOCIAL COMPARISON TENDENCIES OF SOCIAL MEDIA USERS

ABSTRACT

Social media plays a central role in daily life, and individuals' purposes for using social media vary from person to person. Social media influences individuals' tendencies toward social comparison; individuals compare themselves with others, and both positive and negative consequences of this comparison are observed among individuals. This study aims to examine the social comparison tendencies of social media users in today's digital world, based on the existing literature. Accordingly, the information compiled in this study is presented in four sections. The introduction provides a general evaluation of the topic. The second section explains the concept of social media and addresses the purposes and motivations underlying social media use, along with the positive and negative effects of social media on individuals. In the third section, Social Comparison Theory is addressed; upward and downward comparison mechanisms, the proxy model, and the concepts of assimilation and contrast are explained. The concept of social comparison orientation, which refers to individuals' tendency to make comparisons, is evaluated within the framework of personality traits. In addition, studies examining the social comparison variable in the workplace and among groups with chronic illness, older adults, and parents are presented. In the fourth section, the social comparison tendencies of social media users are addressed in line with the literature. The findings reviewed in this section reveal that individuals' emotions vary according to the direction of social comparison; some studies have found that individuals with low self-esteem and low self-worth tend to engage in upward comparison, and that upward comparisons are associated with body image, subjective well-being, depression, and envy. Furthermore, social comparison orientation has been found to be negatively related to perceived social support and self-esteem. However, studies presenting contrary findings also exist in the literature. The diversity of content and forms of interaction offered by social media platforms complicates users' social comparison experiences. In conclusion, the effect of social comparison does not appear to be unidirectional;

it may be shaped by individual characteristics and the meaning attributed to context, and upward and downward comparisons may serve, at times, as a source of motivation and, at other times, exert negative effects on mental health and emotions. This study did not examine social media platforms separately. Future research evaluating individual social media platforms would contribute to a better understanding of social comparison processes.

Keywords: Downward comparison, Social media, Social comparison, Upward comparison

SOSYAL MEDYA KULLANICILARININ SOSYAL KARŞILAŞTIRMA EĞİLİMLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Giriş

Sosyal medya, dijital çağın en önemli iletişim araçlarından biri olarak bireylerin günlük yaşamlarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Akıllı telefon ve tabletlerin yaygınlaşmasıyla birlikte sosyal medya kullanıcılarının sayısı hızla artmış, bu platformlar bireylerin sosyalleşme, eğlenme, bilgi arama ve statü kazanma gibi çeşitli motivasyonlarla zaman geçirdiği alanlara dönüşmüştür (Sarioğlu, 2021). Sosyal medya platformlarının sunduğu etkileşim olanakları, bireylerin kendilerini ifade etme, başkalarıyla iletişim kurma ve toplumsal kimliklerini oluşturma süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Summak, 2024). Bu bağlamda, sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimleri, bireylerin kendilerini diğer kullanıcılarla kıyaslama, benlik algılarını şekillendirme süreçlerinde merkezi bir konuma sahiptir. Sosyal karşılaştırma kuramına yönelik ilginin özellikle 2020 yılı sonrasında belirgin biçimde arttığı ve bu artışta sosyal medya, beden imajı ve benlik saygısına ilişkin tartışmaların önemli rol oynadığı bilinmektedir. Beden imajı, kıskançlık, sosyal medya, motivasyon ve yaşam doyumu gibi konular kuramın güncel ve merkezi araştırma alanları arasında yer almaktadır (Caliskan vd., 2024).

Sosyal karşılaştırma kuramı, bireylerin kendilerini değerlendirmek için başkalarını referans aldıkları bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Leon Festinger tarafından ortaya atılan bu kuram, bireylerin kendi yetenekleri, başarıları ve sosyal statüleri hakkında bilgi edinmek amacıyla başkalarıyla kıyaslama yaptıklarını öne sürmektedir (Bilbil ve Toku, 2021). Sosyal medya ise, bireylerin bu karşılaştırma süreçlerini hızlandıran ve çeşitlendiren bir ortam sunmaktadır. Özellikle Instagram, Facebook ve X gibi platformlarda kullanıcılar, başkalarının paylaşımlarını takip ederek kendi yaşamlarını, başarılarını ve görünüşlerini sürekli olarak diğerleriyle kıyaslama eğilimindedirler (Arıkan, 2023). Bu karşılaştırmalar, bireylerin benlik sunumu, öz saygı, mutluluk ve toplumsal aidiyet duyguları üzerinde etkili olabilmektedir (Summak, 2024). Sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimleri üzerine yapılan nitel ve nicel araştırmalar, bu eğilimlerin bireylerin psikolojik ve sosyal süreçleriyle yakından ilişkili

olduğunu göstermektedir. Ceyhan ve Büyükmumcu'nun (2020) yaptığı çalışma, üniversite öğrencilerinin sosyal medyada çoğunlukla yukarı yönlü sosyal karşılaştırmalar yaptığını ve bu karşılaştırmaların daha çok umut ve imrenme gibi asimilasyon duygularıyla, daha az kıskançlık gibi kontrast duygularıyla ilişkilendiğini göstermektedir. Buna karşılık, aşağı yönlü karşılaştırmaların üzüntü, acıma ve korku gibi olumsuz duygularla bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, sosyal karşılaştırma sürecinde ortaya çıkan duyguların karşılaştırmının yönüne göre farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Sosyal karşılaştırma, bireylerin kendilerini değerlendirme, toplumsal normlara uyum sağlama, benlik sunumu ve tüketici davranışları gibi birçok alanda belirleyici bir rol oynamaktadır. Sosyal medya platformlarının sunduğu etkileşim olanakları, kullanıcıların sosyal karşılaştırma süreçlerini etkilemektedir. Bu nedenle, sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimleri, dijital çağın dinamiklerini anlamak için kritik bir araştırma alanı olarak görülmektedir.

Sosyal Medya

Sosyal medya, Web 2.0 teknolojisi üzerine inşa edilmiş, bireylerin kendilerini ifade etmelerine olanak sağlayan kişisel profiller oluşturabildikleri, bu oluşturulan profiller aracılığıyla diğer kullanıcılarla bağlantı kurdukları ve bu sayede bu ağları görünür kıldığı ve paylaşımların kullanıcılar tarafından üretilip paylaşıldığı etkileşimli dijital platformlardır (Boyd ve Ellison, 2007; Kaplan ve Haenlein, 2010; Kara, 2013). Endüstrideki gelişmeler, teknolojinin çığır açıcı ilerlemesi ve yüksek hızlı internete erişimin kolaylaşması sosyal ağların tanınırlığını artırmış ve Facebook ile başlayan sosyal medya akımına yeni yeni araçlar eklenmiştir (Kaplan ve Haenlein, 2010).

Sosyal medya, kişilerin internet aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurdukları, paylaşımlar yaptıkları alanlardır. Bloglar, sosyal ağlar, mesajlaşma uygulamaları, sohbet siteleri gibi siteler aracılığıyla bireyler ilgi alanlarına göre istedikleri bilgiye erişebilmekte, istediği platforma üye olabilmekte, kendi içeriklerini oluşturabilmekte, paylaşım yapan kişilerle etkileşime girebilmekte, sosyal kimlik oluşturabilmektedirler (Ozturk ve Talas, 2015). Sosyal medya ayrıca kültürlerarası bağları güçlendiren, toplumsal değişime katkı sağlayan bir özelliğe sahiptir ve bu durum toplumun yapılanmasında rol oynamaktadır (Buçukoğlu, 2025). Günümüzde en yaygın kullanılan sosyal medya uygulamaları arasında Instagram, YouTube, WhatsApp, X, LinkedIn, Tiktok, Facebook gibi platformlar olduğu bilinmektedir (Uluç ve Yarcı, 2017; TÜİK, 2024). Sosyal medya kullanıcıları mevcut arkadaşlıklarını korumak, yeni arkadaşlıklar kurmak için bu siteleri kullanmakla beraber kişisel profilleri oluşturarak başarılarını, kişisel

özelliklerini, yaptıkları aktiviteleri, günlük alışkanlıkları gibi kendileri hakkında birçok bilgi sunmaktadır. Başkaları hakkında elde edilen bu kapsamlı bilgiler sosyal karşılaştırma için elverişli bir ortam yaratmaktadır. Kişiler herhangi bir etkileşim başlatmadan başkalarının profillerini, fotoğraflarını, alışkanlıklarını inceleyerek sosyal karşılaştırma yapmaktadır (Lee, 2014; Vogel vd., 2015). Geçmişte kimlik inşasının temel referansları aile, arkadaşlar ve eğitim kurumları iken, günümüzde sosyal medya ergen kimliğinin gelişimi üzerinde etkileri olan önemli bir bağlam hâline gelmiştir. Sosyal medya, kimlik keşfi, benlik ifadesi, aidiyet ve farklılaşmayı güçlendirirken aynı zamanda sosyal onay ihtiyacını artırma, idealleştirilmiş benlik algısı, benlik tutarsızlığı ve riskli davranışlar gibi olumsuz sonuçlara da yol açabilmektedir (Pérez-Torres, 2024).

Bireylerin sosyal medya kullanım motivasyonları arasında ait olma ve kendini tanıtmaya ihtiyacı ile kendini ifade etme ihtiyacı yer almaktadır (Tifferet ve Vilnai-Yavetz 2015). Sosyal medya kullanan kişilerin diğer kişilere tavsiye verme, görünür olma, birileri tarafından onaylanma ihtiyacı, aidiyet hissi, dikkat çekme gibi içsel ve dışsal motivasyonları vardır (Kayabaşı vd., 2025). Çiftçi ve Yolcu (2023), üniversite öğrencilerinin sosyal medya kullanım alışkanlıkları ve motivasyonlarının; kullanım süresi, etkileşim düzeyi, kişisel kararlar üzerindeki etkisi ve sosyal medyaya atfedilen önem gibi değişkenlere göre anlamlı biçimde farklılaştığını, cinsiyet açısından ise anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Ayrıca sosyal medya kullanımına verilen önem ve etkileşim arttıkça sosyal kaçış, eğlence ve sosyal etkileşim motivasyonlarının yükseldiği ve motivasyon boyutları arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler bulunduğu saptanmıştır (Çiftçi ve Yolcu, 2023).

Sosyal medya kullanıcıları fazla sayıda medya mesajları ile karşı karşıya kalabilmekte ve kişiler bu içerikler doğrultusunda hayatlarını şekillendirebilmektedir (Söyleyici ve Söyleyici, 2024). Kullanıcılarda, sosyal medya ortamında kurulan iletişimin kaygı seviyeleri ile ilişkili olduğu, sosyal kaygıyı tetikleyebildiği, öz değerlendirme sürecini etkilediği bilinmektedir (Aktan, 2018). Kişilerarası ilişkilerinde sorun yaşayan ve teknoloji üzerinden karşılamaya yönelen gençlerin, hayatı gerçeklikten uzak şekilde sanal dünyada yaşamaları, gelişim süreçlerinde birçok olumsuz etkiyi beraberinde getirmektedir (Keskin ve Demirbaş, 2024). Yüksek düzeyde sosyal medya kullanımı ve sanal etkileşim, sosyal onay arayışı üzerinden çeşitli kaygı türlerini tetiklemekte ve bireyin gerçek hayattaki sosyal becerisi ve öz güvenini zedelenmektedir (Şahin ve Ballı, 2025). Sosyal medya kullanıcıların sosyal platformları yalnızlıktan kaçmak için kullandıkları ancak kullanım sonrasında yalnızlıklarının arttığı bilinmektedir (Baş ve Kabakçı, 2024).

Sosyal Karşılaştırma

Festinger (1954)'in ortaya koyduğu Sosyal Karşılaştırma Kuramına göre, bireyler kendi görüş ve yeteneklerini değerlendirme konusunda motive olurlar, bu görüş ve yeteneklerin yeterliliğine dair nesnel bilgi mevcut olmadığında, bu bilgiyi edinmek için başkalarının görüş ve yetenekleriyle karşılaştırma yaparlar. Grup süreçlerine dayanan önceki çalışmalardan etkilenen kuram, bireylerin bu karşılaştırmalar için genellikle kendilerine benzer kişileri seçtiklerini öne sürmektedir. Günümüzde hem bireysel değerlendirmeleri hem de grup içi dinamikleri anlamada yön göstericidir (Goethals ve Darley, 1987). Bireylerin sosyal karşılaştırma yapma nedenleri arasında kendini değerlendirme ihtiyacı, kendini geliştirme ihtiyacı, benliğini güçlendirme ihtiyacı ve ilişki kurma ihtiyacı gibi motivasyonlar yer almaktadır (Taylor ve ark., 1996; Teközel, 2007).

Kuramın temel varsayımlarından biri olan yukarı yönlü karşılaştırma eğilimi, bireylerin gelişim ve kendini iyileştirme motivasyonu ile kendilerinden daha başarılı bireylerle kıyaslama yapma eğiliminde olduklarını ortaya koymaktadır. Yukarı yönlü karşılaştırmalar, bireylerde gelişim odaklı motivasyonu artırabileceği gibi, aynı zamanda savunmacı tutumların ortaya çıkmasına da yol açabilmektedir (Buunk ve Gibbons, 2007). Aşağı yönlü karşılaştırma ise tehdit altındaki bireylerin, kendilerinden daha kötü durumda olan kişilerle karşılaştırma yaparak öznel iyi oluşlarını artırmaya çalıştıklarını öne sürer. Aşağı yönlü karşılaştırmalar, özellikle stresli durumlarda benlik saygısını korumaya ve psikolojik uyumu desteklemeye katkıda bulunur (Buunk ve Gibbons, 2007). Hem yukarı hem aşağı yönlü karşılaştırmalar, bağlama bağlı olarak olumlu ya da olumsuz sonuçlar doğurabilir; bu sonuçlar, karşılaştırmacının birey için hangi anlamı taşıdığına göre şekillenir. Değişimin mümkün olduğuna inandıklarında yapılan yukarı yönlü karşılaştırmalar bireyler için motivasyon kaynağı olabilmekte ve bireylerin öz yeterliliklerini artırabilmektedir (Suls ve ark., 2002; Liao, 2021). Olivos ve arkadaşlarının çalışmasında (2020), yukarı yönlü sosyal karşılaştırmacının yaşam doyumunu olumsuz etkilediği, aşağı yönlü sosyal karşılaştırmacının ise olumlu etkiler yarattığı bulunmuştur. Ancak, yukarı yönlü sosyal karşılaştırmacının etkisinin daha güçlü olduğu ve sosyal ağlardaki referans gruplarının bu süreçte belirleyici olduğu vurgulanmıştır. Bardel ve arkadaşlarının (2010) spor bağlamında yaptığı çalışmada ise, maç sonucunun ve sosyal karşılaştırmacının sporcu öz saygısı üzerindeki etkileri incelenmiş, özellikle yenilgi durumunda aşağı yönlü karşılaştırmacının öz saygıyı daha fazla azalttığı bulunmuştur. Bu çalışmalar, sosyal karşılaştırmacının yönünün ve bağlamının, bireylerin psikolojik tepkilerini şekillendirdiğini göstermektedir. Sosyal karşılaştırma ile ilgili yapılan araştırmalarda ilk yıllarında kişinin kendisini kiminle

karşılaştırdığına odaklanılmış sonraki yıllarda karşılaştırma sonrası ortaya çıkabilecek duygusal, davranışsal, bilişsel tepkilerin araştırılmasına yer verilmeye başlanmıştır (Klein, 1997). Taşçıoğlu (2018), sosyal karşılaştırmalar sonrasında bireylerin yaşadıkları duyguları incelemiştir. Bireyler, yukarı yönlü karşılaştırmalarda en sık ilham alma ve hayranlık; en az ise utanma ve gücenme duyguları hissettiklerini belirtmişlerdir. Aşağı yönlü karşılaştırmalarda ise bireyler en çok gurur ve sempati; en az ise küçümseme ve acıma duygularını yaşadıklarını ifade etmişlerdir.

Sosyal karşılaştırma kuramında vekil modeli, bireylerin yeni ve belirsiz görevlerde başarı olasılıklarını, daha önce benzer görevlerde kendilerine benzeyen ve yüksek çaba gösterdiği bilinen kişilerle karşılaştırarak değerlendirdiklerini öne sürmektedir. Model, karşılaştırılan kişinin geçmiş çabasının bilinmediği durumlarda ilişkili özelliklerin performans tahmininde daha etkili olacağını belirtir. Üçlü model ise bireylerin mevcut tercihler, inançlar ve gelecekteki tercihler olmak üzere üç farklı görüş biçiminde sosyal karşılaştırma yaptığını savunmaktadır. Bu model, bireyin görüş türüne göre benzer, uzman ya da hem benzer hem de bilgili kişilerle karşılaştırma yaparak karar verdiğini ortaya koymaktadır (Suls ve ark., 2002). Sosyal karşılaştırmalar sonucunda ortaya çıkabilecek iki ana psikolojik süreç vardır: Benzeşim (asimilasyon) ve karşıtlık (kontrast) süreçleri. Bireylerin benlik algılarının standarda yaklaşması benzeşim, standarttan uzaklaşması karşıtlık ile açıklanmaktadır. Benzeşim süreci, bireyin kendisini karşılaştırdığı kişiyle ortak yönlerini fark etmesi ve kendini o kişiyle özdeşleştirmesidir. Buna karşın, karşıtlık süreci ise bireyin karşılaştırma yaptığı kişiyle arasında belirgin farklılıklar olduğunu düşünmesi ve kendini ondan ayrı görmesidir. Bu bağlamda, yukarı yönlü karşılaştırma, bireyin benlik değerlendirmesini standarda yaklaştırıyorsa ilham verici olabilmektedir (Mussweiler, 2001). Hedefin net ve ayırt edici olduğu durumlarda benlik değerlendirmeleri hedeften uzaklaşarak karşıtlık ortaya çıkarken, hedef sınırlarının belirsiz ve benlik algısının esnek olduğu durumlarda benzeşim daha olası hâle gelmektedir (Stapel ve Koomen, 2000; Suls vd., 2002; Yang ve Robinson, 2018). Sosyal karşılaştırma, bireylerin yalnızca mevcut ya da geçmiş durumlarını değerlendirmelerine değil, aynı zamanda geleceğe ilişkin beklentilerini öngörmelerine de hizmet etmektedir. Karşılaştırmanın benlik değerlendirmeleri üzerindeki etkileri, karşılaştırmanın yönünden bağımsız olarak benzeşim ya da karşıtlık biçiminde olumlu veya olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Suls vd., 2002).

Sosyal karşılaştırmanın iş yaşamındaki etkileri dikkate değerdir. Havacılık sektöründe yapılan bir araştırmada, sosyal karşılaştırma ve iş stresinin sosyal kaygıyı anlamlı olarak yordadığı ve iş stresinin bu ilişkide aracı rol oynadığı belirlenmiştir. Bu bulgu, sosyal karşılaştırmanın sadece

bireysel psikolojik süreçlerle sınırlı kalmayıp, iş yaşamında da sosyal kaygı ve stres gibi önemli sonuçlara yol açabileceğini göstermektedir (Mert ve ark., 2024). Wang ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan bir çalışmada Covid-19 pandemi döneminde ebeveynlerin çocukları için çevrimiçi derslerden kaynaklı endişeleri sosyal karşılaştırma teorisi ile incelenmiştir. Ebeveynlerin aşağı yönlü ve yukarı yönlü karşılaştırmaların özel ders kaygısıyla ilişkili olduğu ve bu kaygının algılanan çevrimiçi akademik yetersizliği yordadığı görülmüştür. Heidrich ve Ryff'in (1995) çalışması, yaşlı bireylerde mevcut sosyal karşılaştırmaların psikolojik iyi oluş üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle olumsuz sağlık koşullarında yapılan olumlu karşılaştırmalar, depresyon ve kaygıyı azaltmakta, sosyal ilişkileri güçlendirmektedir. Sosyal karşılaştırma, belirsiz sağlık semptomları karşısında kişinin sağlık kararlarını etkileyebilmektedir. Araştırmalar, sosyal karşılaştırma temelli müdahalelerin AIDS gibi sağlık risklerini azaltmada olumlu etkiler sağladığını ortaya koymuştur (Puunk ve Gibbons, 1997). Türkiye'deki üniversite öğrencileri arasında yapılan bir çalışmada, düşük sosyal karşılaştırma yöneliminin daha yüksek psikolojik dayanıklılık ve yaşam doyumuyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Çivitci ve Çivitci 2015).

Sosyal Karşılaştırma Yönelimi

Sosyal karşılaştırma yönelimi, bireylerin kendilerini diğerleriyle ne derece karşılaştırdıklarını göstermektedir. Başarı, statü, deneyimler açısından kendilerini diğerleriyle karşılaştırma eğilimini kapsamakta ve yüksek düzeyde karşılaştırma eğilimi olan kişiler benlik kavramında daha fazla belirsizlik yaşamakta; diğerlerinin var olan durumlarına karşı daha fazla duyarlı ve ilgili olmaktadır (Buunk vd., 2019; Gibbons ve Buunk, 1999; Liu vd., 2024).

Sosyal karşılaştırmaların iki türünden birisi olan yetenek temelli sosyal karşılaştırma rekabete dayalıdır ve başarının karşılaştırılmasıyla belirlenir. Görüş temelli sosyal karşılaştırma ise rekabet içermez, değer, tutum, düşünce ve inançlar arasındaki benzerlik ve farklılıkların belirlenmesine odaklanır (Suls vd., 2002). Yetenek temelli ve görüş temelli sosyal karşılaştırma yönelimleri sosyal ağ sitelerinde psikolojik iyi oluş üzerinde farklı etkiler yaratmaktadır. Yetenek temelli sosyal karşılaştırma yönelimi, yukarı yönlü karşılaştırmalar yoluyla psikolojik iyi oluşu olumsuz etkileyebilirken; görüş temelli sosyal karşılaştırma yönelimi, bireylerin başkalarından öğrenmesine olanak tanıdığı için aynı olumsuz sonuçlara yol açmayabilir (Park ve Baek, 2018). Yetenek temelli ve görüş temelli sosyal karşılaştırma ölçeği araştırmacılar tarafından oluşturulmuş olmakla birlikte iki faktörlü yapısı kullanılmayıp sadece sosyal karşılaştırma yönelimini değerlendirmesi için kullanılması sosyal medya kullanıcılarında ikisi arasındaki farkın anlaşılmasına engel olmuştur (Gibbons ve Buunk, 1999; Park ve Baek, 2018).

Kişilik özelliklerinin sosyal karşılaştırma yönelimi ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Buunk ve Gibbons (2006), sosyal karşılaştırma yönelimi düzeyi yüksek bireylerin üç temel özelliklerle tanımlandığını belirtmektedir. Buna göre, bu bireyler ilk olarak benliklerinin kronik olarak yüksek düzeyde uyarılmış olması nedeniyle yüksek öz-farkındalığa sahiptir. İkinci olarak, başkalarının ne hissettiğine yönelik yüksek ilgi ve güçlü empati ile karakterizedirler. Son olarak, sosyal karşılaştırma yönelimi; düşük benlik saygısı, olumsuz duygulanım ve benlik belirsizliği ile ilişkili olup, sık sosyal karşılaştırma yapan bireylerin kendilerine yönelik değerlendirmelerinin daha az olumlu olduğunu göstermektedir (Buunk ve Gibbons, 2006; Yang ve Robinson, 2018). Yapılan bir çalışmada sosyal karşılaştırma yönelimi yüksek olan kişilerin diğerleri eğer daha iyi performans gösteriyorsa kendilerini kötü hissettikleri, kötü performans gösteriyorsa kendilerini daha iyi hissettikleri bulunmuştur (Buunk vd., 2005).

Sosyal Medya Kullanıcıları ve Sosyal Karşılaştırma Eğilimleri

Sosyal medya gibi dijital platformların yaygınlaşmasıyla birlikte sosyal karşılaştırma eğilimleri daha görünür ve etkili hale gelmiştir. Facebook, Instagram gibi sosyal ağlar insanlarda sosyal karşılaştırma olanağı sunmaktadır. Facebook'u sık kullanan kişilerin daha düşük benlik saygısına sahip oldukları ayrıca Facebook kullanım sıklığı ile benlik saygısı arasındaki ilişkide yukarı yönlü sosyal karşılaştırmaya maruz kalmanın aracılık ettiği bulunmuştur (Vogel vd., 2014). Sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimleri üzerine yapılan nitel bir araştırmada, üniversite öğrencilerinin sosyal medyada çoğunlukla yukarı yönlü karşılaştırmalara yöneldiği, aşağı yönlü karşılaştırmalara ise daha az başvurduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, yukarı yönlü karşılaştırmalarda umut ve imrenme gibi duygular, aşağı yönlü karşılaştırmalarda ise üzüntü, acıma ve korku gibi duyguların öne çıktığı belirlenmiştir. Bu bulgular, sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimlerinin yukarı veya aşağı yönlü olabildiğini ve buna göre karşılaştırma sürecinde yaşadıkları duygu ve davranışların değişebileceğini göstermektedir (Ceyhan ve Büyükmumcu, 2020).

Sosyal karşılaştırma eğilimi öz saygı ile ters yönde ilişki göstermektedir ve sosyal karşılaştırma eğilimi yüksek düzeyde olan kişiler sosyal medyadaki paylaşımlarına daha fazla dönüş beklemektedirler (Lee, 2014). Sosyal ağ sitelerinde yukarı yönlü karşılaştırma, depresyon ve kıskançlık ile pozitif yönde ilişkilidir (Li, 2018). Öz-değer ve öz saygısı daha düşük düzeyde olan sosyal medya kullanıcılarının kendilerini değerlendirmek amacıyla yukarı yönde karşılaştırmayı daha fazla kullandığı çalışmalarla kanıtlanmıştır (Cramer vd., 2016; Li, 2018; Maji vd., 2025).

Sosyal karşılaştırmanın motivasyonel ve duygusal sonuçları literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Cramer ve arkadaşları (2016) tarafından Facebook kullanıcıları üzerinde yapılan bir araştırmada, düşük öz saygıya sahip bireylerin sosyal karşılaştırmaya daha fazla başvurduğu ve bu karşılaştırmaların öz-değerlendirme, kendini geliştirme ve kendini yüceltme gibi farklı motivasyonlarla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, sosyal karşılaştırma motivasyonlarının duygusal sonuçları üzerinde öz saygının düzenleyici rol oynadığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, Kim (2022) tarafından fitness uygulamaları kullanıcılarıyla yapılan çalışmada, yukarı yönlü sosyal karşılaştırmanın öz-yeterlik, motivasyon ve fiziksel aktiviteye katılımı artırdığı, aşağıya yönlü karşılaştırmanın ise öz-yeterliği azalttığı bulunmuştur. Bu bulgular, sosyal karşılaştırmanın yalnızca olumsuz değil, aynı zamanda motive edici ve geliştirici işlevler de üstlenebileceğini göstermektedir. Lee (2022)'nin sosyal ağ sitelerinde sosyal karşılaştırma yöneliminin psikolojik iyi oluş üzerindeki etkileri araştırdığı çalışma sosyal karşılaştırma yöneliminin psikolojik iyi oluş üzerinde doğrudan ve dolaylı olumsuz etkileri olduğunu; bu etkinin özellikle benlik saygısı üzerinden güçlü bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Sosyal karşılaştırma yöneliminin, algılanan sosyal destek ve benlik saygısıyla negatif yönde ilişkili olduğu görülmüştür (Lee, 2022).

Sosyal karşılaştırma yöneliminin türüne göre üniversite öğrencilerinin sosyal uyumunun farklı biçimlerde etkilendiği araştırmalarla kanıtlanmıştır. Yetenek temelli sosyal karşılaştırma yönelimi sosyal uyumu doğrudan olumsuz etkilerken, görüş temelli sosyal karşılaştırma yönelimi sosyal uyumu hem doğrudan hem de kampüs içindeki arkadaşlarla çevrim içi etkileşim yoluyla olumlu etkilemektedir. Bu bulgu, sosyal karşılaştırmanın her zaman zararlı olmadığını ve özellikle görüş temelli karşılaştırmanın dijital ortamda uyumu destekleyici bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır (Yang ve Robinson, 2018). Sosyal ağlar, akranlarla yapılan sosyal karşılaştırmada daha kırılgan bireyler için risk faktörü olurken kendileriyle ilgili ilgi alanlarını, düşüncelerini ve inançlarını ifade etme olanağı sunduğu için olumlu bir imajın gelişimini destekleyebilmektedir (Pérez-Torres, 2024). İdealleştirilmiş beden ve yaşam sunumlarıyla yapılan yukarı yönlü karşılaştırmalar benlik saygısını ve iyi oluşu olumsuz etkileyebilirken sağlık, boş zaman veya başarı gibi alanlarda yapılan bazı karşılaştırmalar ergenler için ilham verici olabilmektedir (Pérez-Torres, 2024). McComb ve arkadaşlarının (2023) yaptığı çalışmada sosyal medyada yukarı yönlü karşılaştırmanın aşağı yönlü karşılaştırmadan daha yaygın olduğu görülmüş; yukarı yönlü karşılaştırmalarda zıtlığın baskın tepki olduğu, karşılaştırmanın sosyal medya kullanıcılarının benlik değerlendirmeleri ve duyguları üzerinde küçük ama olumsuz bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Çalışmalar sosyal medyada idealize edilmiş (zayıf, çekici ve fit bedenler) görsellere maruz kalmanın beden memnuniyetsizliğini artırdığını göstermektedir. Bu etkinin temelinde yukarı yönlü sosyal karşılaştırma yer almakta; öz-değerlendirme motivasyonu olumsuz beden algısını güçlendirirken, öz-gelişim motivasyonu bazı durumlarda bu etkiyi zayıflatabilmektedir (Fioravanti vd., 2022). Sosyal medyada yukarı yönlü karşılaştırmaların ergenlerde depresif belirtilerle ilişkili olduğu kıskançlık ve öz yeterliliğin bu sürece katkı sağladığı bulunmuştur (Li, 2018). Nor ve arkadaşlarının (2025) yaptığı çalışmada, sahte benlik sunumunun olumsuz psikolojik sonuçlara yol açtığı ve sosyal karşılaştırmanın hem benlik saygısını artırıcı hem de aşırı sosyal medya kullanımını tetikleyici bir rol oynadığı bulunmuştur. Araştırmada, sosyal medya platformlarının sunduğu görünürlük ve etkileşim olanaklarının, kullanıcıların kendilerini başkalarıyla karşılaştırma ve onay arama davranışlarını artırdığı vurgulanmaktadır. Özellikle, kadın kullanıcılar sosyal karşılaştırma ile benlik saygısı arasındaki ilişkinin daha güçlü olduğu gösterilmiştir (Nor vd., 2025). Sosyal medya platformlarının yapısal özellikleri, kullanıcıların sosyal karşılaştırma süreçlerinde de belirleyici bir rol oynamaktadır. Derbaix ve arkadaşları (2025), sosyal karşılaştırma süreçlerinin cinsiyet, yaş, benlik saygısı, medya okuryazarlığı ve tüketilen içerik türü gibi bireysel ve platforma özgü faktörlerle şekillendiğini ortaya koymuştur. Araştırmada, sosyal medya platformlarının sunduğu içerik çeşitliliği ve etkileşim biçimlerinin, kullanıcıların sosyal karşılaştırma deneyimlerini karmaşıktırdığı ve bu süreçlerin bireysel psikolojik sonuçlara yol açtığı vurgulanmaktadır. Özellikle, sosyal karşılaştırmanın düşük benlik saygısı, mutsuzluk, depresyon gibi olumsuz psikolojik etkileri sürekli güncellenen akış, beğeni ve yorum mekanizmaları gibi platformun yapısal özellikleriyle doğrudan ilişkidir (Derbaix vd., 2025). Sosyal ağlarda sosyal karşılaştırma pasif kullanımda artmakta ve çoğunlukla yukarı yönlü karşılaştırma yapıldığı için öznel iyi oluşu olumsuz etkilemektedir. Sosyal karşılaştırma eğilimi yüksek olan kullanıcılar sosyal medyadan diğer kullanıcılara göre olumsuz etkilenmeye daha yatkındır (Verduyn vd., 2020).

Sonuç

Sosyal karşılaştırma teorisi, bireylerin benlik algısını, motivasyonunu ve psikolojik iyi oluşunu anlamada önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Yukarı ve aşağı yönlü karşılaştırmalar bireyin duygusal ve davranışsal tepkilerini farklı şekillerde etkilerken, bu etkiler bireyin algısı, bağlam ve psikolojik kaynaklara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Güncel araştırmalar, sosyal medya ve iş yaşamı gibi alanlarda sosyal karşılaştırmanın giderek daha belirgin hale geldiğini ve bireyler üzerinde hem olumlu hem olumsuz sonuçlar doğurabildiğini

göstermektedir. Bu bağlamda, sosyal karşılaştırma süreçlerinin bireylerin psikolojik uyumunda belirleyici bir rol oynadığı söylenebilir.

İncelenen çalışmalar, sosyal karşılaştırmanın etkilerinin tek yönlü olmadığını; bireyin sosyal karşılaştırma yönelimi, benlik saygısı, öz-yeterlik düzeyi, karşılaştırmanın yönü ve bağlama yüklenen anlam doğrultusunda hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabildiğini ortaya koymaktadır. Yukarı yönlü karşılaştırmalar bazı durumlarda ilham ve motivasyon kaynağı olurken, idealize edilmiş beden ve yaşam sunumları bağlamında benlik saygısı, öznel iyi oluş ve ruh sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Aşağı yönlü karşılaştırmalar ise tehdit altındaki benliği koruyucu bir işlev üstlenebilmektedir. Sürekli yukarı yönlü karşılaştırmanın, depresyon, kıskançlık ve düşük benlik saygısı ile ilişkili olduğu bulgularla desteklenmektedir. Buna karşılık, görüş temelli sosyal karşılaştırmanın öğrenme, aidiyet ve sosyal uyumu destekleyici bir işlev üstlenebileceği vurgulanmaktadır.

Yapılmış olan bu çalışmada sosyal medya platformları ayrı ayrı ele alınmamıştır. Sonraki çalışmalarda platformların ayrı ayrı ele alınması, sosyal karşılaştırmanın daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Gelecek araştırmalarda kültürlerarası karşılaştırmaların yapılması ve sosyal karşılaştırmanın koruyucu ve geliştirici yönlerinin daha ayrıntılı incelenmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Aktan, E. (2018). Sosyal medya ve sosyal kaygı: Sosyal medya kullanıcıları üzerine bir araştırma. *Selçuk İletişim*, 11(2), 35-53.
- Bardel, M.-H., Fontayne, P., Colombel, F., & Schiphof, L. (2010). Effects of match result and social comparison on sport state self-esteem fluctuations. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(3), 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2010.01.005>
- Baş, F. C., & Kabakcı, M. H. (2024). Sosyal medya kullanıcılarının modernlik algıları ve yalnızlık düzeyleri arasındaki ilişkinin sosyolojik olarak incelenmesi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(3), 459-485.
- Bilbil, E. K., & Tokun, A. B. (2021). Sosyal medya kullanım alışkanlıklarının kişilerarası etkiye tüketici duyarlılığı ve sosyal karşılaştırma ile ilişkisi. *Intermedia International e-Journal*, 14(39), 39-57. <https://doi.org/10.21645/intermedia.2021.100>
- Boyd, D. M., & Ellison, N. B. (2007). Social network sites: Definition, history, and scholarship. *Journal of computer-mediated Communication*, 13(1), 210-230.
- Buçukoğlu, S. M. (2025). Yeni medya araçlarının yaratıcı sosyal medya tasarımlarındaki dönüştürücü etkisi. *İmgelem*(Yeni Medya Çalışmaları), 777-810.
- Buunk, B. P., & Gibbons, F. X. (Eds.). (1997). *Health, coping, and well-being: Perspectives from social comparison theory*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Buunk, A. P., & Gibbons, F. X. (2006). Social comparison orientation: A new perspective on those who do and those who don't compare with others. In S. Guimond (Ed.), *Social comparison and social psychology* (pp. 15–32). Cambridge University Press.
- Buunk, A. P., ve Gibbons, F. X. (2007). Social comparison: The end of a theory and the emergence of a field. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 102(1), 3-21. <https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2006.09.007>
- Buunk, A. P., Gibbons, F. X., Dijkstra, D., & Krizan, Z. (2019). Individual differences in social comparison. *Social comparison, judgment, and behavior*, 77-104.

- Buunk, B. P., Zurriaga, R., Peiró, J. M., Nauta, A., & Gosalvez, I. (2005). Social comparisons at work as related to a cooperative social climate and to individual differences in social comparison orientation. *Applied Psychology*, 54(1), 61-80.
- Caliskan, F., Iduğ, Y., Uvet, H., Gligor, N., & Kayaalp, A. (2024). Social comparison theory: A review and future directions. *Psychology & marketing*, 41(11), 2823-2840.
- Ceyhan, A. A., & Büyükmumcu, S. B. (2020). Sosyal medya kullanıcılarının sosyal karşılaştırma eğilimlerinin incelenmesi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 10(1), 273–302. <https://doi.org/10.18039/ajesi.682035>
- Cramer, E. M., Song, H., & Drent, A. M. (2016). Social comparison on Facebook: Motivation, affective consequences, self-esteem, and Facebook fatigue. *Computers in Human Behavior*, 64, 739-746.
- Çiftçi, H., & Yolcu, P. (2023). Sosyal medya kullanım alışkanlıkları ve motivasyonları karşılaştırılması: üniversite öğrencileri üzerine bir inceleme [a comparison of social media use habits and motivations an examination on university students]. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(60), 151-173. <https://doi.org/10.53568/yyusbed.1243079>
- Çivitci, N., & Çivitci, A. (2015). Social comparison orientation, hardiness and life satisfaction in undergraduate students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 205, 516–523. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.09.062>
- Derbaix, M., Masciantonio, A., Balbo, L., Lao, A., Camus, S., Taфраouti, S. I., & Bourguignon, D. (2025). Understanding social comparison dynamics on social media: a qualitative examination of individual and platform characteristics. *Psychology & marketing*, 42(6), 1588-1606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mar.22194>
- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations*, 7(2), 117–140.
- Fioravanti, G., Bocci Benucci, S., Ceragioli, G., & Casale, S. (2022). How the exposure to beauty ideals on social networking sites influences body image: a systematic review of experimental studies. *Adolescent Research Review*, 7(3), 419-458. <https://doi.org/10.1007/s40894-022-00179-4>
- Gibbons, F. X., & Buunk, B. P. (1999). Individual differences in social comparison: Development of a scale of social comparison orientation [doi:10.1037/0022-3514.76.1.129]. American Psychological Association.
- Goethals, G. R., & Darley, J. M. (1987). Social comparison theory: Self-evaluation and group life. In B. Mullen ve G. R. Goethals (Eds.), *Theories of group behavior* (pp. 21–47). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4634-3_2
- Heidrich, S. M., & Ryff, C. D. (1995). Health, social comparisons, and psychological well-being: Their cross-time relationships. *Journal of Adult Development*, 2(3), 173–186. <https://doi.org/10.1007/BF02265715>
- Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons*, 53(1), 59-68.
- Kara, T. (2013). Sosyal medya endüstrisi. *İstanbul: Beta Yayıncılık, İstanbul, 11*.
- Kayabaşı, A., Demirağ, F., & Söylemez, C. (2025). Bireylerin sosyal medya kullanım motivasyonlarının incelenmesi: ölçek geliştirme çalışması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(83), 163-185.
- Keskin, Ş. A., & Demirbaş, E. (2024). Gençlerde sosyal medya bağımliliğinde aile ve arkadaş ilişkilerinin rolü üzerine bir inceleme. *Sosyal Politika ve Sosyal Hizmet Çalışmaları Dergisi*, 5(2), 165-184.
- Klein, W. M. (1997). Objective standards are not enough: Affective, self-evaluative, and behavioral responses to social comparison information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72(4), 763–774. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.72.4.763>
- Kim, H. M. (2022). Social comparison of fitness social media postings by fitness app users. *Computers in Human Behavior*, 131, 107204. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107204>
- Lee, J. K. (2022). The effects of social comparison orientation on psychological well-being in social networking sites: Serial mediation of perceived social support and self-esteem. *Current Psychology*, 41, 6247–6259. <https://doi.org/10.1007/s12144-020-01114-3>

- Lee, S. Y. (2014). How do people compare themselves with others on social network sites?: The case of Facebook. *Computers in Human Behavior*, 32, 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.009>
- Li, Y. (2018). Upward social comparison and depression in social network settings: The roles of envy and self-efficacy. *Internet Research*, 29(1), 46-59. <https://doi.org/10.1108/IntR-09-2017-0358>
- Liao, T. F. (2021). Income inequality, social comparison, and happiness in the United States. *Socius*, 7, 1-1. <https://doi.org/10.1177/2378023120985648>
- Liu, D., He, B., Feng, R., Huang, X., & Liu, G. (2024). How social media sharing drives consumption intention: the role of social media envy and social comparison orientation. *BMC Psychology*, 12(1), 157. <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01627-7>
- Maji, S., Shivhare, V., & Kumar, Y. (2025). Imposter phenomenon, social comparison orientation, and mental health: a study of high-achieving indian college students. *Roeper Review*, 47(1), 47-59.
- McComb, C. A., Vanman, E. J., & Tobin, S. J. (2023). A Meta-Analysis of the Effects of Social Media Exposure to Upward Comparison Targets on Self-Evaluations and Emotions. *Media Psychology*, 26(5), 612-635. <https://doi.org/10.1080/15213269.2023.2180647>
- Mert, M., Uludağ, D., & Soyer, M. (2024). The role of work stress in the effect of social comparison on social anxiety: A study on aviation industry employees. *Sosyoekonomi*, 32(60), 225-241. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2024.02.11>
- Mussweiler, T. (2001). Focus of comparison as a determinant of assimilation versus contrast in social comparison. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 27(1), 38-47.
- Nor, N. F., Iqbal, N., & Shaari, A. H. (2025). The role of false self-presentation and social comparison in excessive social media use. *Behavioral Sciences*, 15(5), 675.
- Olivos, F., Olivos-Jara, P., & Browne, M. (2020). Asymmetric social comparison and life satisfaction in social networks. *Journal of Happiness Studies*, 22(1), 363-384. <https://doi.org/10.1007/s10902-020-00234-8>
- Ozturk, M., & Talas, M. (2015). Sosyal medya ve eğitim etkileşimi [Interaction of social media and education]. *Journal of World of Turks*, 7(1), 101-120.
- Park, S. Y., & Baek, Y. M. (2018). Two faces of social comparison on Facebook: The interplay between social comparison orientation, emotions, and psychological well-being. *Computers in Human Behavior*, 79, 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.028>
- Pérez-Torres, V. (2024). Social media: a digital social mirror for identity development during adolescence. *Current Psychology*, 43(26), 22170-22180. <https://doi.org/10.1007/s12144-024-05980-z>
- Sarioğlu, C. İ. (2021). Sosyal medya kullanımını etkileyen faktörler üzerine bir araştırma. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel sayı, 277-298. <https://doi.org/10.54600/igdirsosbilder.977764>
- Söyleyici, G. T., & Söyleyici, A. (2024). Yeni medya okuryazarlığının finansal okuryazarlık üzerine etkisi sosyal medya kullanıcıları üzerine bir araştırma. *International Journal of Arts and Social Studies*, 7(12), 1-22.
- Stapel, D. A., & Koomen, W. (2000). Distinctiveness of others, mutability of selves: Their impact on self-evaluations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(6), 1068-1087. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.6.1068>
- Suls, J., Martin, R., & Wheeler, L. (2002). Social Comparison: why, with whom, and with what effect? *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 159-163. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00191>
- Summak, M. E. (2024). Dijital sosyal kimlik oluşumunda sosyal medya kullanımının etkileri ve dinamikleri. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(70), 70-80. <https://doi.org/10.58455/cutsad.1503427>
- Şahin, T., & Ballı, E. (2025). Sosyal medya bağımliliğinin üniversite öğrencilerinin sosyal kaygısı üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Social sciences studies journal (SSSJJournal)*, 11(11), 1966-1978.
- Taşçıoğlu, C. (2018). Sosyal ağlarda yapılan sosyal karşılaştırmaların ardından hissedilen duygular ve bu duyguların ilişkili olduğu bireysel değişkenler (Order No. 28734020) [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. *ProQuest Dissertations ve Theses Global*.

- <https://www.proquest.com/dissertations-theses/sosyal-aglarda-yapilan-karsilastirmalarin/docview/2606881182/se-2>
- Taylor, S. E., Wayment, H. A., & Carrillo, M. (1996). Social comparison, self-regulation, and motivation. In R. M. Sorrentino & E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of motivation and cognition, Vol. 3. The interpersonal context* (pp. 3–27). The Guilford Press
- Teközel, İ. M. (2007). *Gerçekliği inşa etkinliği olarak sosyal karşılaştırma: Sosyal karşılaştırma süreçlerinde gerçekçi ve kurgusal karşılaştırma enformasyonu kullanma eğilimlerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tifferet, S., & Vilnai-Yavetz, 2015. I. A picture is worth a thousand words: segmenting consumers by Facebook profile images. *Journal of Interactive Marketing*, 32 (2015), 53-69.
<https://doi.org/10.1016/J.INTMAR.2015.05.002>
- TÜİK. (2024). *Hanehalkı bilişim teknolojileri (BT) kullanım araştırması, 2024* (Bülten No. 53492).
[https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2024-53492](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2024-53492)
- Uluç, G., & Yarcı, A. (2017). Sosyal medya kültürü. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (52), 88-102.
- Verduyn, P., Gugushvili, N., Massar, K., Täht, K., & Kross, E. (2020). Social comparison on social networking sites. *Current Opinion in Psychology*, 36, 32-37.
<https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.04.002>
- Vogel, E. A., Rose, J. P., Okdie, B. M., Eckles, K., & Franz, B. (2015). Who compares and despairs? The effect of social comparison orientation on social media use and its outcomes. *Personality and Individual Differences*, 86, 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.06.026>
- Vogel, E. A., Rose, J. P., Roberts, L. R., & Eckles, K. (2014). Social comparison, social media, and self-esteem. *Psychology of Popular Media Culture*, 3(4), 206-222.
<https://doi.org/10.1037/ppm0000047>
- Wang, Q., Song, X., Hong, J. C., Li, S., Zhang, M., & Yang, X. (2023). Impact of social comparison on perceived online academic futility: A perspective from parents. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5805–5832.
- Yang, C.-c., & Robinson, A. (2018). Not necessarily detrimental: Two social comparison orientations and their associations with social media use and college social adjustment. *Computers in Human Behavior*, 84, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.02.020>

İŞE HAZIR OLMA, MESLEĞİN DİJİTALLEŞMESİ VE DİJİTAL YETKİNLİKLERİN ETKİLEŞİMİ: GELECEĞİN UYGULAMALI BİLİMLER MESLEK ADAYLARINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

Hasan KÜÇÜK

Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Applied Sciences, Department of Accounting and Financial Management, Yalvaç, Isparta

ORCID ID: 0009-0002-8066-0764

Sıla BAYSAN

Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Applied Sciences, Department of Accounting and Financial Management, Yalvaç, Isparta

ORCID ID: 0009-0006-2162-2257

Melis SARI

Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Applied Sciences, Department of Accounting and Financial Management, Yalvaç, Isparta

ORCID ID: 0009-0007-9675-9319

Doç. Dr. Mehmet DİNÇ

Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Applied Sciences, Department of Accounting and Financial Management, Yalvaç, Isparta

ORCID ID: 0000-0001-9871-3532

ÖZET

Dijitalleşme sürecinde yaşanan hızlı dönüşüm bir çok meslek alanını değiştirmekte ve bazı meslekleri ortadan kaldırmaktadır. Teknolojideki pek çok gelişme muhasebe-finance, bankacılık ile uluslararası ticaret-işletmecilik gibi uygulamalı bilimler meslek alanını etkilemekte ve bu meslek uzmanlarını gerekli dijital becerilere ve yetkinliklere sahip olması konusunda zorlamaktadır. Bu gelişmelerden hareketle çalışma, geleceğin uygulamalı bilimler meslek uzmanlarının (muhasebe-finance, bankacılık-sigortacılık ile uluslararası ticaret ve işletme) dijital yetkinlik düzeylerinin onların mesleklerinin dijitalleşmesine ve işe hazır olma durumuna olan etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Anket tekniği uygulayarak Isparta İlinde eğitim faaliyetini sürdüren üniversitelerin uygulamalı bilimler bölümlerine kayıtlı olan son sınıf lisans öğrencilerinden çevrimiçi anket yoluyla veriler toplandı. Araştırmada kullanılan ölçeklerin yapısal geçerliliğini test etmek amacıyla AMOS 21.0 programı kullanılarak doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapıldı. Araştırmaya konu olan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını test etmek için Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Analizi yapıldı. Araştırmada öne sürülen hipotezleri test etmek amacıyla çoklu regresyon analizi uygulandı. Çalışmanın bulguları, daha yüksek dijital yetkinliklere sahip katılımcıların daha yüksek işe hazır olma eğilimi gösterdiğini ve meslek alanlarının daha fazla dijitalleştiği yönündeki değerlendirmesini göstermiştir. Bu çalışma, uygulamalı bilimler meslek adaylarının iş piyasasına hazır olabilmeleri için dijital yetkinliklere gereksinim duyduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarından hareketle, üniversitelerin uygulamalı bilimler fakültelerinin, teknik

muhasabe-finance, bankacılık ile uluslararası ticaret-işletmecilik becerilerine ve sosyal becerilere odaklanmasının yanında program çıktılarının bir parçası olarak öğrencilerin dijital yetkinliklerine de odaklanması önerilmiştir. Ayrıca, bu çalışma, dijital okuryazarlık, bilgi okuryazarlığı, media okuryazarlığı ile bilgi ve iletişim teknolojisi okuryazarlığı gibi dijital yetkinliklerin mevcut müfredatla bütünleştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Dijital Yetkinlikler, Mesleğin Dijitalleşmesi, İşe Hazır Olma, Geleceğin Uygulamalı Bilimler Meslek Adayları

**INTERACTION OF WORK READINESS, THE DIGITALIZATION OF THE
PROFESSION AND DIGITAL COMPETENCIES: A RESEARCH STUDY ON
FUTURE APPLIED SCIENCE PROFESSIONALS**

ABSTRACT

The rapid transformation experienced in the digitalization process is changing many professional fields and eliminating some. Many developments in technology affect applied sciences professions such as accounting-finance, banking, and international trade-business, and force these professionals to possess the necessary digital skills and competencies. Based on these developments, this study aims to examine the impact of the digital competency levels of future applied science professionals (accounting-finance, banking-insurance, and international trade and business administration) on the digitalization of their professions and their readiness for employment. Data was collected online from final-year undergraduate students enrolled in applied sciences departments of universities operating in Isparta Province using a survey technique. Confirmatory factor analysis (CFA) was performed using AMOS 21.0 software to test the structural validity of the scales used in the research. Pearson Product-Moment Correlation Analysis was performed to test whether there was a significant relationship between the variables under study. Multiple regression analysis was applied to test the hypotheses put forward in the research. The study's findings showed that participants with higher digital competencies tended to have higher job readiness and that their professional fields were becoming more digitized. This study demonstrated that prospective professionals in applied sciences need digital competencies to be ready for the job market. Based on the study's results, it is recommended that universities' faculties of applied sciences focus on students' digital competencies as part of program outcomes, in addition to focusing on technical accounting-finance, banking, international trade-business skills, and social skills. Furthermore, this study emphasizes the need to integrate digital competencies such as digital literacy, information literacy, media literacy, and information and communication technology literacy into the existing curriculum.

Keywords: Digital Competencies, Digitalization of the Profession, Work Readiness, Future Applied Sciences Professionals

**WOULD HOUSEHOLDS IN SANA'A CONTINUE USING SOLAR ENERGY IF
PUBLIC-GRID ELECTRICITY WERE RESTORED? AN EXTENDED THEORY OF
PLANNED BEHAVIOR STUDY**

Daif Allah Mohammed Al-khadhmi

MBA Student, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Ankara, Türkiye

Email: 235223150@aybu.edu.tr

ORCID: 0009-0005-0657-6523

ABSTRACT

Yemen's civil war has produced one of the most dramatic decentralised solar transitions on record: national capacity has increased roughly fiftyfold since 2015, and in Sana'a, where public-grid supply has collapsed from around 500 MW of pre-war demand to some 40 MW for a few hours per day, nearly 85 percent of households in the surrounding mountainous areas have installed solar panels. The transition was driven by survival, not by environmental values or policy incentives. With ongoing peace efforts raising the prospect of grid restoration, a critical behavioural question emerges: will households retain solar, or revert to the public grid? The existing solar-adoption literature is overwhelmingly focused on first-time adoption intentions, and no prior study has empirically examined household solar retention in a conflict-affected MENA country. This study addresses that gap. It tests an Extended Theory of Planned Behavior (TPB) model in which the three core constructs, attitude, subjective norm, and perceived behavioural control, are supplemented by two contextually justified extensions: institutional trust in the public electricity provider, and perceived grid reliability. The dependent variable is operationalised as a four-category intention drawn from the energy-stacking literature: continued solar use, hybridisation with the returning grid, retention of solar as backup, or full abandonment.

The design is mixed-methods and cross-sectional. A structured online survey targets 500 solar-using households across Sana'a's main districts, complemented by 10-12 semi-structured interviews with selected respondents. The analytical strategy runs in three stages: Partial Least Squares Structural Equation Modelling to test the hypothesised paths, Multinomial Logistic Regression to model the four-category outcome, and Thematic Analysis for qualitative depth. The findings will inform post-conflict energy policy in Yemen and comparable fragile-state settings.

KEYWORDS: Theory of Planned Behavior; solar energy retention; post-conflict energy transition; Sana'a, Yemen; institutional trust.

TARIMSAL KİMYASALLAŞMAYA İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR: ANAAKIM VE ELEŞTİREL LİTERATÜRÜN KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRMESİ

Arş. Gör. Dr. Burhan ÖZALP

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü

ORCID ID: 0000-0003-4431-9358

Özet

Tarımsal kimyasallaşma günümüzde çevresel bozulma, biyolojik çeşitlilik kaybı, insan sağlığı üzerindeki etkiler ve üreticilerin kimyasal girdilere bağımlılığı gibi çok boyutlu sorunlarla giderek daha fazla tartışılmaktadır. Ancak anaakım literatür, kimyasal kullanımını ve bunun yarattığı olumsuz sonuçları çoğunlukla çiftçilerin bilgi eksikliği, eğitim düzeyi, farkındalık yetersizliği veya yanlış uygulamaları gibi bireysel faktörlerle açıklayan bir yaklaşımı benimsemektedir. Bu yaklaşım, tarımsal kimyasallaşmayı üreticilerin kararlarına indirgediği gibi, sürecin tarihsel ve yapısal dinamiklerini büyük ölçüde görmezden gelmektedir. Oysa tarımsal kimyasallaşma, tarımda kapitalist üretim ilişkilerinin gelişimiyle birlikte 19. yüzyıldan itibaren ortaya çıkan ve zamanla çiftçilerin üretim pratiklerini, emek süreçlerini ve doğayla ilişkilerini şekillendiren tarihsel bir dönüşümün ürünüdür. Bu nedenle kimyasallaşmayı tarihsel süreçlerden, sınıf ilişkilerinden ve üretim ilişkilerinden bağımsız ele alan yaklaşımlar, hem bu dönüşümün kökenlerini hem de günümüzdeki yeniden üretim mekanizmalarını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Buna karşılık eleştirel literatür, tarımsal kimyasallaşmayı kapitalist tarımsal dönüşümün bir parçası olarak ele almakta; teknolojik koşu bandı, kısıtlı tercih, pestisit çipi, küresel pestisit kompleksi, jenerik devrimi ve kimyasal coğrafyalar gibi kavramlar aracılığıyla kimyasal bağımlılığının nasıl geliştiğini ve günümüzde nasıl devam ettiğini açıklamaya odaklanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, anaakım ve eleştirel literatürün tarımsal kimyasallaşmaya ilişkin yaklaşımlarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmek ve tarımın kimyasallaşmasını tarihsel, politik-ekonomik ve ekolojik boyutlarıyla eleştirel bir perspektiften incelemektir.

Anahtar kelimeler: Tarımsal kimyasallaşma, kapitalizm, ulusötesi şirketler, pestisit, kimyasal gübreler

APPROACHES TO AGRICULTURAL CHEMICALIZATION: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF MAINSTREAM AND CRITICAL LITERATURE

Abstract

Agricultural chemicalization is increasingly being debated today in relation to multidimensional problems such as environmental degradation, biodiversity loss, impacts on human health, and producers' dependence on chemical inputs. However, the mainstream

literature adopts an approach that explains chemical use and its negative consequences largely through individual factors such as farmers' lack of knowledge, level of education, insufficient awareness, or improper practices. This approach not only reduces agricultural chemicalization to producers' decisions but also largely ignores the historical and structural dynamics of the process. Yet agricultural chemicalization is the product of a historical transformation that emerged with the development of capitalist relations of production in agriculture from the nineteenth century onward and that, over time, has shaped farmers' production practices, labor processes, and relationships with nature. Therefore, approaches that examine chemicalization independently of historical processes, class relations, and relations of production remain inadequate for explaining both the origins of this transformation and the mechanisms through which it is reproduced today. In contrast, the critical literature treats agricultural chemicalization as part of capitalist agrarian transformation and focuses on explaining how chemical dependency has developed and continues today through concepts such as the technological treadmill, constrained choice, the pesticide chip, the global pesticide complex, the generics revolution, and chemical geographies. The aim of this study is to comparatively evaluate mainstream and critical approaches to agricultural chemicalization and to examine the chemicalization of agriculture from a critical perspective in its historical, political-economic, and ecological dimensions.

Keywords: Agricultural chemicalization; capitalism; transnational corporations; pesticides; chemical fertilizers.

1. INTRODUCTION

One of the issues that has attracted increasing attention in the agricultural literature in recent years is the environmental and human health problems associated with the use of chemical fertilizers and pesticides in agriculture (Alengebawy et al., 2021; Berndt et al., 2025; Budak and Budak, 2006; Chowdhury et al., 2022; Davran et al., 2019; Dixon, 2018; FAO, 2022; Ibrikci et al., 2012; Moore, 2010; Russo and Verdiani, 2012; Shattuck, 2021; Tanır et al., 2011; Türker and Berk, 2023).

Mainstream literature explains agricultural environmental and human health problems primarily through concepts such as farmers' lack of education, awareness, and knowledge regarding the harmful effects of chemical use (Budak and Budak, 2006; Davran et al., 2019; Erdal et al., 2019; FAO, 2022; Kızıloğlu and Kızılaslan, 2017; Ibrikci et al., 2012; Russo and Verdiani, 2012; Tanır et al., 2011; Türker and Berk, 2023; Yüzbaşıoğlu, 2020).

In contrast to the mainstream perspective, the critical literature examines agricultural chemicalization and its adverse consequences within the broader historical and political-economic transformation of capitalist agricultural production, rather than as a matter of individual producers' choices (Berndt et al., 2025; Castro-Vargas and Werner, 2026; Dixon, 2018; Galt, 2008; Mansfield et al., 2024; Moore, 2010; Romero, 2015; Romero et al., 2017; Shattuck, 2021; Werner, 2026). From this perspective, the incorporation of chemical inputs into agriculture is understood as part of a wider transformation associated with industrialization, capitalist social relations of production, state formation, and imperialism during the nineteenth century (Dixon, 2018). Within this framework, agriculture and nature are not viewed as processes independent of capitalist accumulation; rather, agricultural revolutions are interpreted as historical transformations that facilitate capital's access to cheap food and natural resources (Moore, 2010).

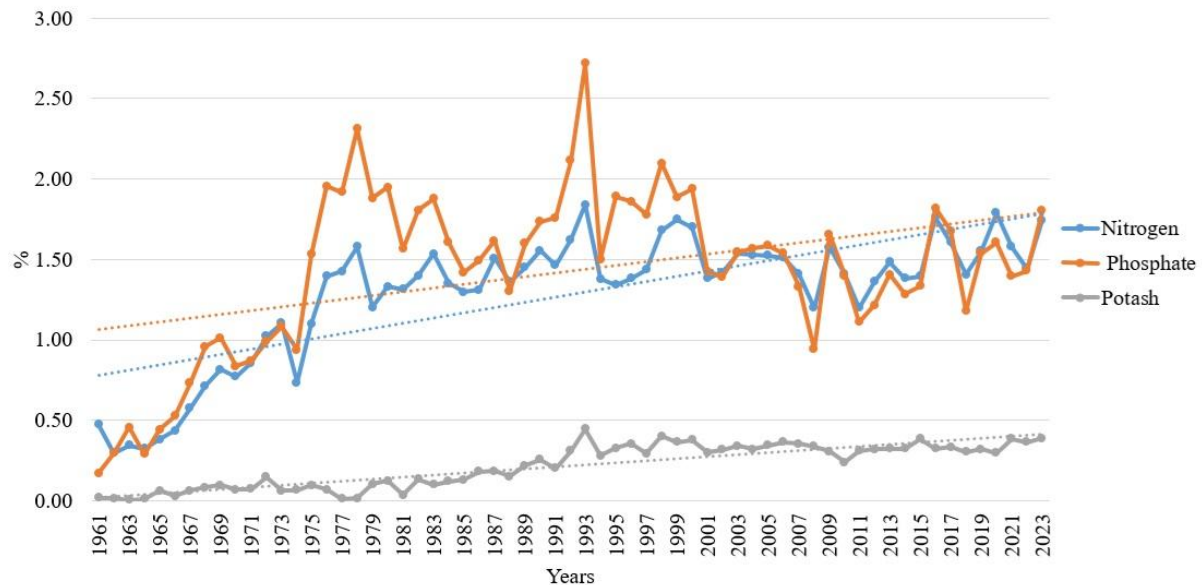
The aim of this study is to comparatively evaluate the approaches of mainstream and critical literatures to agricultural chemicalization and to examine the chemicalization of agriculture from a critical perspective that incorporates its historical, political-economic, and ecological dimensions.

2. AGRICULTURAL CHEMICALIZATION: GLOBAL AND TURKISH CONTEXT

With the incorporation of capitalist relations of production into agriculture, the process of agricultural chemicalization began in the nineteenth century, became globalized through the Green Revolution in the twentieth century, and has continued to intensify in the twenty-first century (Berndt et al., 2025; Dixon, 2018; Moore, 2010). During this process, the use of chemical fertilizers and pesticides increased dramatically. Globally, chemical fertilizer use rose from approximately 31 million tonnes in 1961 to approximately 185 million tonnes in 2022, reaching a peak of 202 million tonnes in 2020. Similarly, pesticide use increased from 1.81 million tonnes in 1990 to 3.69 million tonnes in 2022 (FaoStat, 2025).

Türkiye has also become increasingly integrated into this rapid expansion in the use of agricultural chemicals. The share of chemical fertilizers used in Turkish agriculture in total global chemical fertilizer use has generally increased since the 1960s. This share increased for both nitrogen and phosphate fertilizers after the 1970s. From the 1990s onwards, the share of nitrogen fertilizers ranged from a low of approximately 1.20% to a high of 1.84%, while that of phosphate fertilizers ranged from 0.94% to 2.72%. The share of potash fertilizers remained relatively low, ranging from a minimum of 0.20% to a maximum of 0.44% after the 1990s (Figure 1).

Figure 1. Changes over time in Türkiye's share of global chemical fertilizer use in agriculture (%)



Source: FaoStat, 2025

Türkiye's increase in chemical fertilizer use has placed the country 11th globally, bringing it close to the top ten in terms of its share of total global chemical fertilizer use. China and India have by far the largest shares of nitrogen and phosphate fertilizer use, followed by the United States and Brazil. For potash fertilizers, China is followed by Brazil and the United States, with use being concentrated in a relatively limited number of countries. Türkiye ranks 11th globally in both nitrogen and phosphate fertilizer use, accounting for 1.75% and 1.80% of global use, respectively, while it ranks 26th in potash fertilizer use, with a share of 0.39%. However, although Türkiye ranks 11th in nitrogen and phosphate fertilizer use, the gap between Türkiye and the other countries is relatively limited once the top five countries are excluded. Moreover, Italy, Spain, and France, all Mediterranean countries with major river systems, are not among the top ten and rank below Türkiye (Table 1).

Table 1. Countries' shares of global chemical fertilizer use in agriculture, 2023 (%)

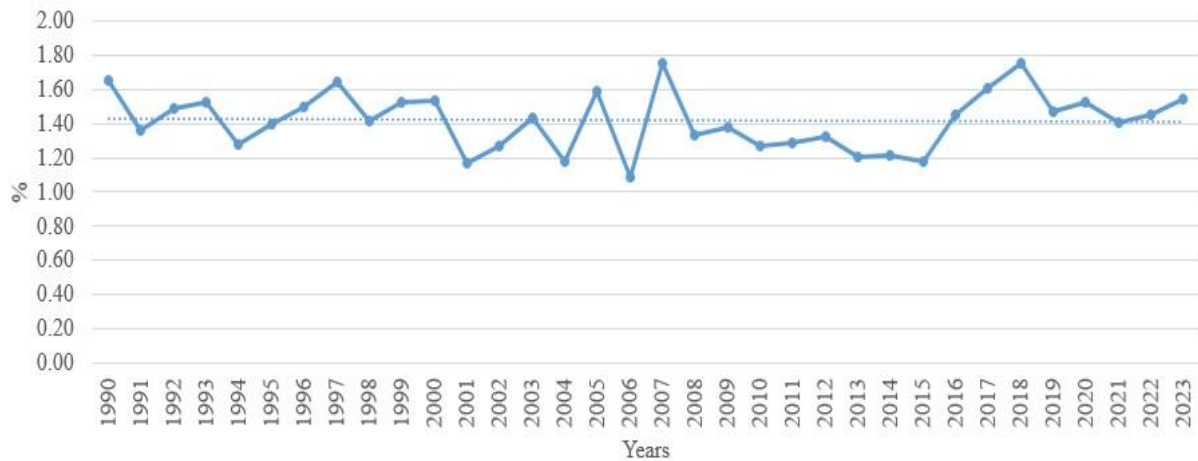
Nitrogen			Phosphate			Potash		
Rank	Country	%	Rank	Country	%	Rank	Countries	%
1	China	22.00	1	China	22.93	1	China	23.42
2	India	18.33	2	India	20.34	2	Brazil	22.06
3	USA	10.24	3	Brazil	10.86	3	USA	11.35
4	Brazil	5.74	4	USA	8.99	4	Indonesia	5.22
5	Pakistan	3.41	5	Canada	2.75	5	India	4.99
6	Canada	2.79	6	Bangladesh	2.53	6	Malaysia	4.65
7	Indonesia	2.67	7	Pakistan	2.44	7	Thailand	2.88
8	Thailand	2.41	8	Thailand	1.91	8	Canada	2.20

9	Russian Federation	1.98	9	Australia	1.89	9	Bangladesh	1.47
10	Australia	1.93	10	Russian Federation	1.83	10	Russian Federation	1.42
11	Türkiye	1.75	11	Turkey	1.80	26	Türkiye	0.39

Source: FaoStat, 2025

The quantity of pesticides used in Turkish agriculture increased from 29,918 tonnes in 1990 to 57,576 tonnes in 2023 (FAO, 2025). However, Türkiye's share of global pesticide use followed a fluctuating trajectory over this period. Its share of global pesticide use ranged from a minimum of 1.19% to a maximum of 1.76%, with notable spikes in some years, particularly 2007 and 2018 (Figure 2).

Figure 2. Changes over time in Türkiye's share of global pesticide use in agriculture (%)



Source: FaoStat, 2025

Table 2 shows that pesticide use in agriculture is concentrated in a limited number of countries globally, while also highlighting Türkiye's particularly notable position. Following countries such as Brazil (21.47%) and the United States (11.52%), which play a decisive role in global agricultural markets, Türkiye ranks 11th, accounting for 1.54% of global pesticide use and effectively placing it within the relatively small group of countries with the highest levels of pesticide use. Indeed, Türkiye has a level of pesticide use comparable to that of major agricultural countries in the European Union, such as France, and ranks very close to the global top ten.

Table 2. Countries' shares of global pesticide use in agriculture, 2023 (%)

Rank	Country	%
1	Brazil	21.47
2	USA	11.52
3	Indonesia	7.91
4	Argentina	7.04
5	China	5.85
6	Australia	4.89
7	Viet Nam	4.34
8	Russian Federation	2.60
9	Canada	2.57
10	France	1.75
11	Türkiye	1.54

Source: FaoStat, 2025

3. MAINSTREAM AND CRITICAL LITERATURE APPROACHES TO AGRICULTURAL CHEMICALIZATION

3.1. The Mainstream Literature Approach to Agricultural Chemicalization

Although criticism of the adverse effects of the use of agricultural chemicals, which became increasingly widespread from the nineteenth century onwards, on human and environmental health has intensified particularly since the 1990s, these concerns have become much more visible since the early 2000s (Dixon, 2018; FAO, 2022; Moore, 2010; Özalp and Güldal, 2017; Patel, 2013).

Within this expanding academic literature, a common emphasis in the mainstream literature is that farmers use chemicals indiscriminately because of their low levels of education and lack of awareness, and that they are unaware of the harm that such use causes to human health and the environment (Alengebawy et al., 2021; Budak and Budak, 2006; Chowdhury et al., 2022; Cusworth et al., 2024; Davran et al., 2019; Erdal et al., 2019; Kızıloğlu and Kızılaslan, 2017; Fang et al., 2025; Ibrikci et al., 2012; Öztaş et al., 2018; Russo and Verdiani, 2012; Tanır et al., 2011; Yüzbaşıoğlu, 2020). For example, Alengebawy et al. (2021: 2, 15) draw attention to the uncontrolled use of pesticides without due consideration of the harm they cause in agriculture. Chowdhury et al. (2022: 9) emphasise that most Bangladeshi farmers are illiterate and unaware of environmental problems. Tanır et al. (2011: 332) underline the need to educate farmers about the use of chemical fertilizers and pesticides.

This perspective in the literature appears to rest on an optimistic assumption that, if farmers were better educated and more aware, they would recognise the harmful effects of chemical use in agriculture and consequently abandon such practices, thereby engaging in agricultural production in ways that would not harm human health and the environment.

3.2. The Critical Literature Approach to Agricultural Chemicalization

The critical literature examines agricultural chemicalization and its adverse consequences not through farmers' individual choices, levels of knowledge, or technical errors in application, but within the historical and political-economic transformation of capitalist agricultural production. From this perspective, the incorporation of chemical inputs into agriculture is not merely a technical innovation aimed at increasing productivity; rather, it is part of a broader transformation that has reshaped the relationships between agricultural production and capital, technology, markets, labour, and nature (Dixon, 2018; Moore, 2010; Patel, 2013). Accordingly, critical studies seek the causes of chemical use not simply in producers' decisions, but in the conditions of production and reproduction within which these decisions are made (Hendrickson and James, 2005; Luna, 2020; Ward, 1993). Within this framework, studies relate the historical formation of agricultural chemicalization to the development of capitalist agriculture and employ concepts such as the technological treadmill, constrained choice, the pesticide chip, the global pesticide complex, the generics revolution, and chemical geographies to explain how chemical dependency is established and reproduced (Berndt et al., 2025; Castro-Vargas and Werner, 2026; Galt, 2008; Luna, 2020; Mansfield et al., 2024; Romero, 2015; Romero et al., 2017; Shattuck, 2021; Ward, 1993; Werner, 2026). Thus, the central contribution of the critical literature is to move beyond the question of "Why do farmers use chemicals?" understood in terms of producers' levels of knowledge or awareness, and instead ask: "What historical, economic, technological, and ecological conditions make the use of chemical inputs possible, necessary, or rational for producers?"

The concept of the technological treadmill, introduced by Cochrane (1958, 1979), explains how, during the industrialisation of agriculture, farmers have been compelled to continuously adopt productivity-enhancing technologies in order to remain economically viable, yet ultimately become trapped in cycles of increasing indebtedness and dependency rather than experiencing greater prosperity. According to this approach, new technologies that increase productivity raise total output but also contribute to declining commodity prices. This, in turn, forces individual farmers to adopt even more technologies and expand production in an attempt to compensate for declining incomes; in other words, farmers are pushed to run faster on the technological treadmill (Hendrickson and James, 2005; Luna, 2020; Ward, 1993). This process has been central to the transformation of chemical fertilizers and pesticides into essential inputs for increasing agricultural production. Thus, a farmer may use more pesticides, but this cannot be

understood solely as an individual choice; it is also a consequence of the competitive production structure within which the farmer operates.

In this context, the concept of constrained choice (Hendrickson and James, 2005) provides an important analytical tool for understanding the limits of farmer agency. Constrained choice refers to a situation in which farmers' decisions concerning production and marketing may appear formally voluntary, but are in practice constrained by market concentration, contract farming arrangements, indebtedness, and large corporations that exercise control over the production process from beginning to end. Under such conditions, farmers must make decisions about what to produce, how to produce it, and under what conditions, not solely according to their own ethical, ecological, or technical preferences, but in response to structural imperatives such as access to capital, market demand, and production standards imposed by corporations.

Although market-oriented agricultural production tends to promote the use of chemicals, Galt's (2008) study of vegetable production in Costa Rica examines the relationship between pesticide use and the market to which production is directed. Galt (2008) challenges the assumption that export-oriented production automatically leads to higher pesticide use. The study finds that production for domestic markets can, in some cases, have higher pesticide intensity than export-oriented production. This is because pesticide controls are more stringent in export-oriented production, whereas regulatory mechanisms for domestic production are comparatively less restrictive. Thus, the intensity of pesticide use may vary according to the market—domestic or export—for which the product is produced.

The long-term use of pesticides has also contributed to their transformation into production techniques transmitted across generations within agricultural production. In this context, Castro-Vargas and Werner (2025) use the concept of the “pesticide chip” to describe the cultural legacy of pesticide-intensive plantation systems in shaping production practices and subjectivities. The concept refers particularly to situations in which former plantation workers subsequently become small-scale producers and rapidly turn to chemical interventions to address pest, disease, and weed problems encountered in agricultural production. The “pesticide chip” therefore establishes a link between the past and present of pesticide use, demonstrating how farmers' production practices are historically shaped.

The concept of the “global pesticide complex”, developed by Werner (2026), approaches pesticides not simply as chemical inputs used in agricultural production, but as part of multiscalar and mutually constitutive relationships among productive capital, supply chains, trade, state regulation, farmer use, and socio-ecological processes. This approach therefore

examines pesticide use and its adverse consequences from a perspective that extends beyond the individualistic explanations of the mainstream literature.

The spread of generic pesticides was particularly important in the intensification of pesticide use during the late twentieth century. The production of off-patent products at lower costs and the expansion of global trade networks facilitated the access of a broader range of producers to pesticides. This transformation is captured by the concept of the “generics revolution.” The concept refers to the shift in the pesticide industry from the previous dominance of large US- and European-based companies producing patented products towards a broader production network increasingly centred on generic products, particularly in China and India (Berndt et al., 2025).

Another approach to the critical analysis of agricultural chemicalization is that of “chemical geographies.” Romero et al. (2017) define the chemical geographies approach as one that examines the spatial distribution and transformations of chemical substances together with the social, ecological, and socio-ecological processes that shape them.

3.3. Comparative Assessment of Mainstream and Critical Approaches to Agricultural Chemicalization

This section identifies the key differences between the mainstream and critical literatures focusing on agricultural chemicalization and the problems it generates. Table 3 presents a comparative overview of the two bodies of literature. Both approaches focus on the expansion of chemical fertilizer and pesticide use and its environmental, economic, and social consequences. However, they examine the determinants of chemicalization at different analytical levels. The mainstream literature primarily attributes agricultural chemicalization and the problems it generates to farmers’ knowledge and experience, education, awareness, and individual practices, explaining excessive or inappropriate chemical use largely in terms of farmers’ lack of knowledge and education, inadequate technical knowledge, risk perceptions, or intensive production models (Alengebawy et al., 2021; Budak and Budak, 2006; Chowdhury et al., 2022; Cusworth et al., 2024; Davran et al., 2019; Erdal et al., 2019; Kızıloğlu and Kızılaslan, 2017; Fang et al., 2025; Ibrikci et al., 2012; Öztaş et al., 2018; Nakayama and Osako, 2024; Russo and Verdiani, 2012; Tanır et al., 2011; Yüzbaşıoğlu, 2020). Since the problem of chemical input use is defined largely at the level of individual decision-making and practice, this approach emphasises interventions such as educating farmers, strengthening agricultural extension services, promoting appropriate and balanced fertilizer and pesticide use, and monitoring compliance with relevant regulations.

In contrast, the critical literature does not reduce agricultural chemicalization to deficiencies in individual knowledge or behaviour, but instead approaches it as a consequence of broader historical, political, and economic processes and capitalist relations of agricultural production. This literature focuses on the capitalist transformation of agricultural production, the power of multinational agrochemical corporations and agrochemical capital, market structures, supply chains, state regulations, and the position of agricultural producers within these structures (Berndt et al., 2025; Castro-Vargas and Werner, 2026; Dixon, 2018; Galt, 2008; Luna, 2020; Mansfield et al., 2024; Moore, 2010; Patel, 2013; Romero, 2015; Romero et al., 2017; Shattuck, 2021; Ward, 1993; Werner, 2026;). From this perspective, increasing dependence on chemical fertilizers and pesticides is not an individual problem resulting from farmers' insufficient knowledge, but rather a structural process shaped by production costs, productivity and competitive pressures, access to capital and markets, the position of corporations in input markets, and state policies.

Accordingly, the critical literature emphasises that although farmers' decisions to use chemical inputs may appear to be individual choices, the economic and institutional conditions within which these choices are made can constrain the options available to farmers. The fundamental distinction between the two approaches therefore lies not only in the different answers they provide to the question "Why do farmers use chemicals?", but also in their respective levels of analysis. While the mainstream approach constructs its explanation primarily at the level of farmers and their practices, the critical approach situates these individual decisions within the broader structural context constituted by relations of production, markets, capital, and regulation. In this sense, the table demonstrates that agricultural chemicalization cannot be understood merely as a problem of "misuse" that can be reduced through better education and technical knowledge; rather, the ways in which chemical inputs have become embedded in the organisation of agricultural production, as well as the structural relations that direct farmers towards these inputs, must also be placed at the centre of the analysis.

Table 3. Mainstream and Critical Literature on Agricultural Chemicalization

Approach	Topic	Focus of Analysis	Key Finding / Critique	Exemplary Studies
Mainstream literature	Agricultural chemicalization	Farmer-level knowledge and experience, education, awareness; individual misapplication and intensive farming models	The use of chemical fertilizers and pesticides is generally attributed to farmers' lack of education and knowledge; extension, education, and regulatory oversight are proposed as solutions.	Alengebawry et al., 2021; Budak and Budak, 2006; Chowdhury et al., 2022; Cusworth et al., 2024; Davran et al., 2019; Erdal et al., 2019; Kızıloğlu and Kızılaslan, 2017; Fang et al., 2025; Ibrikci et al., 2012; Öztaş et al., 2018; Nakayama and Osako, 2024; Russo and Verdiani, 2012; Tanır et al., 2011; Yüzbaşıoğlu, 2020
Critical literature	Agricultural chemicalization	Historical, political, and economic processes; capitalist agrarian relations, multinational corporate power, markets, and regulation	Chemical dependency is understood as a structural product of capitalist agriculture; the problem is systemic rather than primarily a consequence of individual knowledge deficits.	Berndt et al., 2025; Castro-Vargas and Werner, 2026; Dixon, 2018; Galt, 2008; Luna, 2020; Mansfield et al., 2024; Moore, 2010; Patel, 2013; Romero, 2015; Romero et al., 2017; Shattuck, 2021; Ward, 1993; Werner, 2026;

4. CONCLUSION

This study has comparatively examined the approaches of the mainstream and critical literatures to agricultural chemicalization. The mainstream literature primarily associates the use of chemicals in agriculture with individual knowledge deficits and inappropriate practices. In contrast, the critical literature conceptualises agricultural chemicalization as a structural process shaped by markets, capital, technology, the state, and relations of production.

Therefore, reducing agricultural chemicalization should not be limited to educating or raising the awareness of farmers who produce under constrained choices shaped by particular economic and political conditions. Instead, greater attention should be given to questioning and transforming the market structures, relations of capital, production pressures, and regulatory mechanisms that reproduce dependence on chemical inputs.

Overall, this study demonstrates that agricultural chemicalization cannot be explained solely by farmers' levels of knowledge and awareness, but must be understood within the historical, political-economic, and ecological relations of capitalist agricultural production.

REFERENCES

- Alengebawry, A., Abdelkhalek, S.T., Qureshi, S.R., Wang, M.-Q. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics*, 9, 42. <https://doi.org/10.3390/toxics9030042>
- Berndt, C., Werner, M., Mempel, F., Shattuck, A. and Okun Dunivin, Z. (2025). "The generics revolution and the new economic geography of the global pesticide industry." *Journal of Agrarian Change*, e70007. <https://doi.org/10.1111/joac.70007>
- Budak, F., and Budak, D., B. (2006). Farm level analysis of pesticide use in cotton production in East Mediterranean region of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 27(2) 299-303.
- Castro-Vargas, S., C. Hernández Rodríguez, G. Navas, E. Castañón Ballivián, Y. Xu, and D. A. Marini. (2025). "Pesticides and food sovereignty: (dis)connections and challenges for agrarian movements." *The Journal of Peasant Studies*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/03066150.2025.2549340>.
- Chowdhury, S., Khan, S., Sarker, M. F. H., Islam, M. K., Tama, M. A., & Khan, N. A. (2022). Does agricultural ecology cause environmental degradation? Empirical evidence from Bangladesh. *Heliyon*, 8(6), e09750. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09750>
- Cochrane, W.W. 1958. *Farm prices: Myth and reality*. Minneapolis:University of Minnesota Press.
- Cochrane, W.W. (1979). *The development of American agriculture: Ahistorical analysis*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Cusworth, S. J., Davies, W. J., McAinsh, M. R., Gregory, A. S., Storkey, J., & Stevens, C. J. (2024). Agricultural fertilisers contribute substantially to microplastic concentrations in UK soils. *Communications Earth & Environment*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01172-y>
- Davran M. K., Bozdoğan N. Y., Bozdoğan A. M., and Öztornacı B. (2019). Determination of the Level of Awareness Of Farmers About the Use of Personal Protective Equipment in Pesticide Applications. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(10), 7621-7629.
- Dixon, M. W. (2018). "Chemical fertilizer in transformations in world agriculture and the state system, 1870 to interwar period." *Journal of Agrarian Change* 18 (4): 768–786. <https://doi.org/10.1111/joac.12259>
- Erdal, G., Erdal, H., Ayyıldız, B., Ayyıldız, M., & Çiçek, A. (2019). Pesticide Use in Fruit-Vegetable Production and Awareness Level of Produces in Tokat Province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(10), 1515–1521. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i10.1515-1521.2407>
- Fang, S., Hua, C., Yang, J., Liu, F., Wang, L., Wu, D., & Ren, L. (2024). Combined pollution of soil by heavy metals, microplastics, and pesticides: mechanisms and anthropogenic drivers. *Journal of Hazardous Materials*, 485, 136812. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136812>
- FAO. (2022). *Synthesis report on the environmental and health impacts of pesticides and fertilizers and ways to minimize them*. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils/publications/pesticides.pdf
- FaoStat. (2025). *Inputs*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Galt, R.E. 2008. "Pesticides in export and domestic agriculture: Reconsidering market orientation and pesticide use in Costa Rica." *Geoforum*, 39(3), pp. 1378–1392. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2007.12.003>
- Hendrickson, M. K., and James, H.S. (2005). The ethics of constrained choice: How the industrialization of agriculture impacts farming and farmer behavior. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 18: 269–291. <https://doi.org/10.1007/s10806-005-0631-5>.
- Ibrici, H., Cetin, M., Karnez, E., Kirda, C., Topcu, S., Ryan, J., Oztekin, E., Dingil, M., Korkmaz, K., & Oguz, H. (2012). Spatial and temporal variability of groundwater nitrate concentrations in irrigated Mediterranean agriculture. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(1–2), 47–59. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.631413>
- Kızıloğlu, R., & Kızılaslan, N. (2017). Fertilizer Use the Condition of Cultivator Province Center in Kahramanmaraş. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(1), 18–23. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i1.18-23.769>

- Luna, J. K. (2020). "Pesticides are our children now: cultural change and the technological treadmill in the Burkina Faso cotton sector." *Agriculture and Human Values* 37 (2): 449–462.
- Mansfield, B., Werner, M., Berndt, C., Shattuck, A., Galt, R., Williams, B., Argüelles, L., Barri, F.R., Ishii, M., Kunin, J., Lapegna, P., Romero, A., Caicedo, A., Abhigya, Castro-Vargas, M.S., Marquez, E., Ojeda, D., Ramirez, F. and Tittor, A. (2024). "A new critical social science research agenda on pesticides." *Agriculture and Human Values*, 41, pp. 395–412. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10492-w>
- Moore, J. W. (2010). "The end of the road? Agricultural revolutions in the capitalist world-ecology, 1450–2010." *Journal of Agrarian Change* 10 (3): 389–413. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0366.2010.00276.x>
- Özalp, B., and Güldal, H.T. (2017). Tohum, kimyasal gübre ve ilaç kullanımı açısından mısır üreticilerinin çevre ve insan sağlığı üzerine duyarlılığı: Adana ili örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 23(1): 13–24. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.315313>.
- Öztaş, D., Kurt, B., Koç, A., Akbaba, M., & İlter, H. (2018). Knowledge Level, Attitude, and Behaviors of Farmers in Çukurova Region regarding the Use of Pesticides. *BioMed Research International*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/6146509>
- Romero, A. M. (2015). *The alchemy of capital: industrial waste and the chemicalization of United States agriculture*. PhD diss., University of California. <https://escholarship.org/content/qt2rh0d4df/qt2rh0d4df.pdf?t=otc28d>.
- Romero, A.M., Guthman, J., Galt, R.E., Huber, M., Mansfield, B. and Sawyer, S. (2017). "Chemical geographies." *GeoHumanities*, 3(1), pp. 158–177. <https://doi.org/10.1080/2373566X.2017.1298972>
- Russo, G., & Verdiani, G. (2012). The health risk of the agricultural production in potentially contaminated sites: an environmental-health risk analysis. *Journal of Agricultural Engineering*, 43(3), 15. <https://doi.org/10.4081/jae.2012.17>
- Shattuck, A. (2021). "Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex." *The Journal of Peasant Studies*, 48(2), pp. 231–253.
- Tanır, F., Akçimen, B., Köksal, F., Aytaç, N., and Cengizler, İ., (2011). Dimensions of water contamination in the subprovinces of Adana province, Turkey. *Turkish Journal of Medical Sciences*. <https://doi.org/10.3906/sag-0912-493>.
- Türker, M., and Berk, A. (2023). Evaluation of knowledge, attitude and behavior in agricultural pesticide use of kiwi farmers. *New Medit*, 22(4): 130–137. <https://doi.org/10.30682/nm2304h>.
- Ward, N. (1993). "The agricultural treadmill and the rural environment in the post-productivist era." *Sociologia Ruralis*, 33: 348-364. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.1993.tb00969.x>
- Werner, M. (2026). "Global pesticide complex." *The Journal of Peasant Studies*, 53(3), 702–719. <https://doi.org/10.1080/03066150.2025.2547373>
- Werner, M., Berndt, C. and Mansfield, B. 2022. "The glyphosate assemblage: Herbicides, uneven development, and chemical geographies of ubiquity", *Annals of the American Association of Geographers*, 112(1), pp. 19–35. <https://doi.org/10.1080/24694452.2021.1898322>
- Yüzbaşıoğlu, R. (2020). Environmental Consciousness in the Use of Fertilizer Producer: Tokat Center District Case. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(sp1), 85–91. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.85-91.3991>

EFFECTS OF SHEARING ON THE FATTENING PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF ANGORA GOAT KIDS

Senior Agric. Eng. Amine Kübra GÜNGÖR

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Konya, Türkiye

ORCID ID: 0009-0003-7268-0594

Prof. Dr. Uğur ZÜLKADİR

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Konya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-3243-4949

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the fattening performance and carcass characteristics of Angora goat kids. The animal material consisted of 10 male Angora goat kids obtained from a farm located in the Bala district of Ankara Province, Türkiye. The kids, aged 5–6 months, were transported to the Research and Application Farm of the Faculty of Agriculture, Selçuk University, Konya, where they were housed in individual pens. Five animals were randomly selected and shorn using a mechanical shearing machine, while the remaining five animals were left unshorn. All animals were subjected to an intensive fattening program for 70 days. At the beginning and end of the fattening period, the initial live weight (ILW) and final live weight (FLW) were determined as 14.80 kg and 20.70 kg, respectively. The average daily live weight gain (DLWG) was 0.082 kg, the total feed consumption (TFC) was 50.12 kg, and the feed conversion ratio (FCR) was 9.25. Following slaughter, slaughter weight (SW) was 20.70 kg, hot carcass weight (HCW) was 9.09 kg, hot carcass yield (HCY) was 43.71%, cold carcass weight (CCW) was 8.85 kg, cold carcass yield (CCY) was 42.59%, and chilling loss (CL) was 2.52%. In the left half carcass, left half carcass weight (LHCW) was 4.55 kg, subcutaneous fat thickness (SFT) was 2.75 mm, and longissimus dorsi muscle area (EMA) was 15.85 cm². Shearing had a statistically significant effect ($P < 0.05$) on hot carcass weight and kidney weight; however, it did not significantly affect fattening performance or other carcass characteristics.

Keywords: Angora goat kid, average daily live weight gain, hot carcass weight, intensive fattening.

ANKARA KEÇİSİ OĞLAKLARINDA BESİ PERFORMANSI VE KARKAS ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KIRKIMIN ETKİSİ

ÖZET

Bu araştırma, Ankara keçisi oğlaklarında besi performansı ile karkas özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmanın hayvan materyalini, Ankara ili Bala ilçesindeki bir işletmeden temin edilen 5–6 aylık yaşta toplam 10 baş erkek Ankara keçisi oğlağı oluşturmuştur. Oğlaklar, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama

Çiftliği'ne (Konya) getirilerek bireysel bölmelere yerleştirilmiştir. Hayvanlardan rastgele seçilen 5 baş oğlak kırım makinesi ile kırılmış, diğer 5 baş oğlak ise kırılmadan bırakılmıştır. Tüm hayvanlar 70 gün süreyle entansif besiyeye alınmıştır. Besi başlangıcında başlangıç canlı ağırlığı (BCA) 14,80 kg, besi sonunda ise son canlı ağırlık (SCA) 20,70 kg olarak belirlenmiştir. Günlük canlı ağırlık artışı (GCAA) 0,082 kg, toplam yem tüketimi (TYT) 50,12 kg ve yemden yararlanma oranı (YYO) 9,25 olarak saptanmıştır. Kesim sonrasında kesim ağırlığı (KA) 20,70 kg, sıcak karkas ağırlığı (SKA) 9,09 kg, sıcak karkas randımanı (SKR) %43,71, soğuk karkas ağırlığı (SoKA) 8,85 kg, soğuk karkas randımanı (SoKR) %42,59 ve soğutma kaybı (SK) %2,52 olarak belirlenmiştir. Sol yarım karkasta sol yarım karkas ağırlığı (SYKA) 4,55 kg, derialtı yağ kalınlığı (DYK) 2,75 mm ve göz kası alanı (GKA) 15,85 cm² olarak tespit edilmiştir. Kırım uygulamasının, sıcak karkas ağırlığı ile böbrek ağırlığı üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki ettiği ($P < 0,05$), buna karşın besi performansı ve diğer karkas özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ankara keçisi oğlağı, günlük canlı ağırlık artışı, sıcak karkas ağırlığı, entansif besi.

1. INTRODUCTION

The Ankara goat (*Capra hircus angorensis*) was one of the first species domesticated by pastoralists. It was brought from Central Asia to Anatolia by the Turks and remained there until the 19th century. As of June 2025, the number of small ruminants in the Republic of Turkey was recorded as 54.874.318 head and the number of goats was 11.185.505 head (TUIK, 2025). Goat meat production decreased by 22.8% in 2024, reaching 99.532 tons. (TUIK, 2024). According to TUIK 2022 data, the number of Angora goats in Turkey was 289.555 head, approximately 76% of which (220.229 head) were raised in Ankara province (Anonymous, 2022). The Ankara goat is a breed adapted to the arid steppe climate of the Central Anatolia Region, easily adapts to diverse environmental conditions, has a strong maternal instinct, can utilize a variety of nutrients, and is resistant to some diseases (Atalay and Mortan, 2006). Although primarily raised in Ankara, it is also raised in provinces such as Çankırı, Kastamonu, Zonguldak, Bolu, Bilecik, Eskişehir, Kütahya, Afyonkarahisar, Konya, Niğde, Nevşehir, Kırşehir, Yozgat, and Çorum (Özdemir, 2009).

Due to the insufficient income from mohair production of Angora goats raised in Turkey, there has been an increase in the shift to fattening, another productive aspect. Goat meat is considered healthier than sheep and beef due to its low-fat content and rich vitamin and mineral content (Parmaksız et al., 2012). The fact that meat yield currently exceeds that from mohair yield, and

the lack of the distinctive odor found in other goat breeds, has led to an increase in demand for Angora goat meat.

The limited number of studies on the fattening performance of Angora goat kids can be attributed to their small size and late maturation, the lack of incentives to encourage breeders to increase meat production, and the lack of breeding programs to increase meat yield. This study was conducted to determine the effects of shearing on fattening performance, slaughter, and carcass characteristics of Angora goat kids under the conditions of the Konya region.

2. MATERIAL AND METHODS

The animal material of the study consisted of 10 male Ankara goat kids brought to the Konya Selçuk University Faculty of Agriculture Research and Application Farm at the age of five to six months from a private farm in Bala district of Ankara province. Dry alfalfa hay was used as roughage for fattening, and pelleted fattening feed was used as concentrate. The concentrate feed used in the trial contained 14% crude protein, 2550 kCal/kg ME, 3.17% crude fat, 8.52% crude fiber, 6.26% raw ash, and 0.30% sodium. To determine whether shearing had a statistical effect on fattening performance and carcass characteristics, five randomly selected kids were sheared using a shearing machine. Fattening was carried out for 70 days under intensive conditions.

Slaughtering was carried out in the slaughterhouse of the Animal Science Department of Selçuk University's Faculty of Agriculture. The carcasses were numbered and weighed and kept in a 4°C cold storage facility for 24 hours before being weighed. Left half carcasses were dissected as specified in the Standard Mediterranean Carcass Dissecting method (Colomer-Rocher et al., 1987) and measurements were made (Figures 1-2).

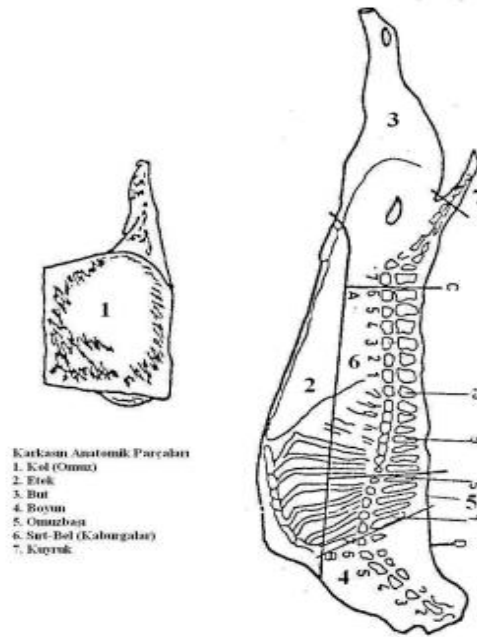


Figure 1. Separation of the parts from the carcass.

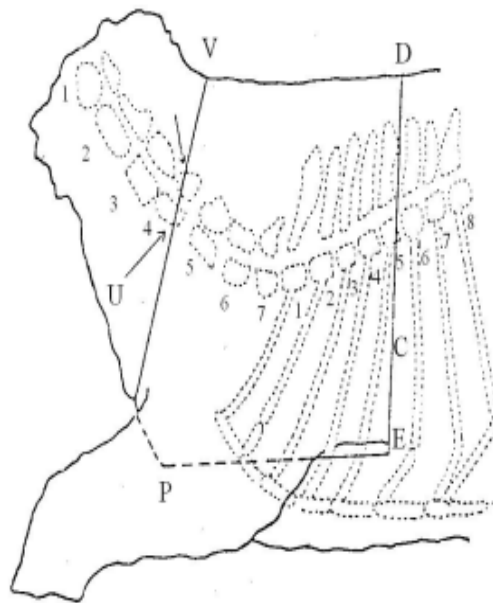


Figure 2. Separation of the arm from the carcass.

2.1 Statistical analysis

The Harvey (1987) package program was used for statistical analysis of the data obtained in the study examining the effect of shearing on fattening performance, slaughter, and carcass characteristics. Mean and standard error were used as descriptive statistics. For the statistical model, carcass weight was used as an example, considering the shearing factor. For other features, regression equations were used by adding or subtracting them as in model.

$$\gamma_{ij} = \mu + a_i + bX_{ij} + e_{ij}$$

γ_{ij} = carcass weight of the animal under the shearing method

μ = mean

a_i = shearing method effect (1: Sheared, 2: Not sheared)

bX_{ij} = partial regression coefficient of live weight per head of the fattening animal on carcass weight

e_{ij} = random error effect.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Fattening performance

The overall mean of initial live weight at the beginning of fattening (ILW) was 14.80 ± 3.098 kg, final live weight of fattening (FLW) was 20.70 ± 2.022 kg, the daily live weight gain was 0.082 ± 0.0086 kg, and the overall mean for feed conversion ratio (FCR) was 9.257 ± 2.315 kg. The results indicated that the effect of shearing on the given traits was insignificant ($P > 0.05$). Least squares analysis of variance results for live weights at various stages of fattening are presented in Table 1.

Table 1. LSM, CE, and variance analysis results for live weight, daily live weight gain, and feed consumption values of Angora goat kids.

Features	Group	N	CE	SE	LSM	SE	F	Prob
Initial Live Weight (ILW)	1	5	0.24	0.979	15.04	1.385	0.060	0.812
	2	5	-0.24	0.979	14.56	1.385		
	1	5	-0.194	0.239	20.365	0.308	0.659	0.476
	2	5	0.194	0.239	20.754	0.308		
Final Live Weight (FLW)	ILW B linear				-1.442 ± 0.441			
	14. day LW B linear				0.978 ± 0.412			
	28. day LW B linear				0.497 ± 0.694			
	42. day LW B linear				0.362 ± 0.544			
	56. day LW B linear				0.745 ± 0.290			
	1	5	-0.002	0.003	0.079	0.004	0.699	0.464
	2	5	0.002	0.003	0.085	0.004		
	ILW B linear				0.002 ± 0.001			
Daily Live Weight Gain (DLWG)	14. day LWG B linear				0.195 ± 0.082			
	28. day LWG B linear				0.197 ± 0.272			
	42. day LWG B linear				0.220 ± 0.318			
	56. day LWG B linear				0.599 ± 0.231			
Feed Conversion Ratio (FCR)	1	5	0.633	0.734	9.891	1.037	0.744	0.417
	2	5	-0.633	0.734	8.623	1.037		
	ILW B linear				0.282 ± 0.264			

CE: Coefficient Estimate, SE: Standard Error, LSM: Least Squares Mean, Prob: P-value

An example of the interpretation of linear regression will be given, and the interpretation of other regressions will be based on these evaluations. Accordingly, a 1 kg increase in LWG on

day 14 resulted in a 0.1957 kg increase in DLWG. Other regressions will be interpreted accordingly.

The obtained live weight at the beginning of fattening (14.80 ± 3.098 kg) was found to be higher than the results obtained by Daşkiran and Ertuğrul (1994) and Kor (1997) and lower than the results of Öztürk et al. (1993), Koyuncu and Tuncel (1996), Çoban (2002), Bolaçalı and Küçük (2008), and Erol and Ünal (2015). The live weight at the end of fattening was higher than the value in the early castration group of Kor (1997), and lower than the value in the Öztürk et al. (1993), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Koyuncu and Tuncel (1996), Kor (1997), Çoban (2002), Bolaçalı and Küçük (2008) and Erol and Ünal (2015). Daily live weight gain was found to be similar to the values of Öztürk et al. (1993), higher than the values of Çoban (2002), Yertürk and Odabaşioğlu (2007) and Bolaçalı and Küçük (2008) and lower than the values of Treacher (1987), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Koyuncu and Tuncel (1996), Kor (1997), Dhanda (1998) and Erol and Ünal (2015). The feed conversion ratio was found to be higher than the values reported by Daşkiran and Ertuğrul (1994), Bolaçalı and Küçük (2008), and Erol and Ünal (2015), but lower than the results of Koyuncu and Tuncel (1996), Çoban (2002), and Yertürk and Odabaşioğlu (2007).

3.2 Slaughter and carcass characteristics

The overall averages for slaughter, hot carcass, and cold carcass weights were determined as 20.56 ± 0.612 kg, 9.09 ± 0.104 kg, and 8.85 ± 0.129 kg, respectively. Hot carcass efficiency, cold carcass efficiency, and cooling loss were $43.71 \pm 0.257\%$, $42.59 \pm 0.666\%$, and $2.52 \pm 1.266\%$, respectively. The left half carcass weight was calculated as 4.55 ± 0.202 kg, the shell fat thickness as 2.750 ± 0.468 mm, and the eye muscle area as 15.857 ± 2.710 cm². The effect of shearing on hot carcass weight was found to be significant ($P < 0.01$). The results of least squares variance analysis for slaughter traits are given in Table 2.

Table 2. LSM, CE, and variance analysis results for slaughter trait values of Angora goat kids.

Features	Group	N	CE	SE	LSM	SE	F	Prob
Slaughter Weight (SW)	1	5	-0.694	0.641	20.005	0.906	1.17	0.315
	2	5	0.694	0.641	21.394	0.906		
	ILW B Linear				1.184 ± 0.230			
Hot Carcass Weight (HCW)	1	5	-0.158	0.035	8.931	0.048	19.367	0.004
	2	5	0.158	0.035	9.248	0.048		
	CW B Linear				0.312 ± 0.019			
Cold Carcass Weight (CCW)	1	5	-0.114	0.091	8.740	0.099	1.581	0.264
	2	5	0.114	0.091	8.969	0.099		
	CW B Linear				0.271 ± 0.159			
Hot Carcass Efficiency (HCE)	1	5	-0.11	0.181	43.606	0.199	0.372	0.568
	2	5	0.11	0.181	43.827	0.199		
	CW B Linear				-2.109 ± 0.317			
Dressing Percentage (DP)	1	5	-0.594	0.470	42.000	0.515	1.598	0.262
	2	5	0.594	0.470	43.189	0.515		
	CW B Linear				-0.9170 ± 0.821			
Cooling loss (CL)	1	5	0.062	0.434	2.589	0.590	0.021	0.890
	2	5	-0.062	0.434	2.464	0.590		
	CW B Linear				-0.528 ± 0.236			
Left Half Carcass Weight (LHCW)	1	5	-0.024	0.069	4.530	0.094	0.123	0.737
	2	5	0.024	0.069	4.579	0.094		
	CW B Linear				0.171 ± 0.037			
Shell Fat Thickness (DFT)	1	5	-0.063	0.160	2.686	0.218	0.157	0.705
	2	5	0.063	0.160	2.813	0.218		
	CW B Linear				0.065 ± 0.087			
Eye Muscle Area (EMA)	1	5	-1.627	0.929	14.23	1.264	3.065	0.130
	2	5	1.627	0.929	17.485	1.264		
	CW B Linear				0.630 ± 0.506			
	ILW B Linear				-0.066 ± 0.675			

The slaughter weight obtained was found to be higher than the values found by Dhanda (1997), Yertürk and Odabaşıoğlu (2007), Erol and Ünal (2015) for the 20 kg slaughter group and Bekmezci (2020), and lower than the values found by Treacher (1987), Akman et al. (1991), Öztürk et al. (1993), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Koyuncu and Tuncel (1996), Bolaçalı and Küçük (2008) and Erol and Ünal (2015). Hot carcass weight was found to be higher than the values found by Öztürk et al. (1993), higher than the early and late castration groups of Kor

(1997), the castrated group of Dhanda (1997), Çoban (2002), the 20 kg slaughter weight group of Erol and Ünal (2015) and Bekmezci (2020), lower than the Treacher (1987), Akman et al. (1991), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Koyuncu and Tuncel (1996), Kor (1997), Çoban (2002), Bolaçalı and Küçük (2007), Erol and Ünal (2015); cold carcass weight, Öztürk et al. (1993), higher than the early and late castration groups of Kor (1997), the castrated group of Dhanda (1997), Çoban (2002), the 20 kg slaughter group of Yertürk and Odabaşioğlu (2007) and Erol and Ünal (2015) and lower than the ones reported by Akman et al. (1991), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Koyuncu and Tuncel (1996), Kor (1997), Çoban (2002), Bolaçalı and Küçük (2008) and Erol and Ünal (2015). Hot carcass yield, Öztürk et al. (1993), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Kor (1997), Çoban (2002), Bolaçalı and Küçük (2008)'s Genotype Ia and Ib group, Erol and Ünal (2015)'s 20 kg slaughter group and Bekmezci (2020)'s values were higher; Treacher (1987), Akman et al. (1991), Koyuncu and Tuncel (1996), Bolaçalı and Küçük (2008) and Erol and Ünal (2015)'s values were lower; cold carcass yield was higher than the values reported by Öztürk et al. (1993), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Kor (1997), Çoban (2002), Yertürk and Odabaşioğlu (2007) and Erol and Ünal (2015) were reported to be higher than the 20 kg slaughter group; lower than Koyuncu and Tuncel (1996) and Erol and Ünal (2015); cooling loss was reported to be higher than the results of Akman et al. (1991), Daşkiran and Ertuğrul (1994) and Dhanda (1997) and lower than the results of Öztürk et al. (1993) and Koyuncu and Tuncel (1996). Left half carcass weight was reported to be lower than Akman et al. (1991), Daşkiran and Ertuğrul (1994) and Koyuncu and Tuncel (1996); The shell fat thickness was found to be higher than Erol and Ünal (2015) and the eye muscle area was found to be higher than Akman et al. (1991), Daşkiran and Ertuğrul (1994), Koyuncu and Tuncel (1996) and Dhanda (1997).

4. Conclusions and Recommendation

4.1 Conclusion

This study investigated the effect of shearing on the fattening performance and carcass characteristics of Angora goat kids. The 10 Angora goat kids used in the study were randomly divided into two groups, and shearing was applied to the first group. Shearing had a statistically significant effect ($P < 0.05$) on hot carcass weight and kidney weight among slaughter traits. The evaluation revealed that there was no difference due to shearing, as similar results were obtained in both groups.

4.2 Recommendations

This study is believed to have made significant contributions to the literature on the fattening performance of Angora goat kids and yielded important findings regarding their economic potential. In this context, the following points should be highlighted:

- 1- The Angora goat is a late-growing breed, and initiating fattening at 8-10 months of age and weighing over 20 kg is important for the economy of the feed.
- 2- Due to the intensive conditions and stress factors experienced in individual pens, it is recommended that extensive conditions or larger areas be prioritized in fattening operations.
- 3- Animals in individual pens became irritable, leading to feed, feeder, and waterer losses. It is recommended that the animals be fattened either in group pens or under extensive conditions.
- 4- Shearing has not been found to have an effect on fattening performance. However, shearing may be recommended to prevent contamination.
- 5- Pelleted feed, recommended for fattening, will prevent the animals from becoming selective in feed.
- 6- Considering the declining population, it is anticipated that Angora goat meat can be encouraged for production with products such as pastrami (pastırma) to increase its economic and genetic value.
- 7- Observations indicate that the proportion of roughage in fattening should be increased.
- 8- The breed, a genetic resource for Turkey, is currently raised in countries such as South Africa, China, and the United States, and our country is not receiving its due place in the global mohair market. Significant profits can be achieved by encouraging the production of this breed and realizing the true value of mohair.

Further research is needed on this topic. This will increase the breed's recognition and importance.

Declaration

We would like to thank the Selçuk University BAP Coordinatorship for supporting this study with project number 23201012. This study was produced from Amine Kübra GÜNGÖR's master's thesis.

Ethical Approva: This study was approved by the Ethics Committee of Selçuk University 23201012.

REFERENCES

- Akman N, Ertuğrul M, Tatayoğlu A, Kor A, Yavuzer AÜ. (1991). Slaughter and carcass characteristics of Angora goat. *Lalahan Livestock Research Institute Journal*, 31(3-4): 39-47.
- Anonymous (2022). Angora goat breeding development project (ongoing). <https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Haber/143/Ankara-Kecisi-Yetistiriciliginin-Gelistirilmesi-Projesi-Devam-Etmektedir%E2%80%A6%20> (Accessed: 16.02.2024).
- Atalay İ, Mortan K. (2006). *Regional Geography of Türkiye* (3rd edition). İnkilâp Yayınevi, İzmir.
- Bekmezci S. (2020). Effect of pasture feeding on slaughter and carcass characteristics of Angora goat kids. Master's Thesis, Ankara University Institute of Science, Ankara.
- Bolaçalı M, Küçük M. (2008). Fattening performance, slaughter and carcass characteristics of male kids of coloured mohair goats and Angora goats X coloured mohair goats cross-breed F1. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(4): 502-507.
- Colomer-Rocher F, Morand-Fehr P, Kirton A. (1987). Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livestock Production Science*, 17(2): 149-159.
- Çoban İ. (2002). Effects of castration on fattening and carcass characteristics of Angora goat male kids and goats. PhD Thesis, Ankara University Institute of Science, Ankara.
- Daşkiran İ, Ertuğrul M. (1994). Fattening performance and carcass characteristics of Angora goat male kids fattened at weaning age. *Lalahan Livestock Research Institute Journal*, 34(1-2): 59-78.
- Dhanda J, Taylor D, McCosker J. (1998). Growth, carcass and meat quality of buck kids reared to produce 'Capretto' carcasses. *Animal Production in Australia*, 22, 161-164.
- Erol H, Ünal N. (2015). Fattening performance, slaughter, carcass and some meat quality traits of male and castrated Angora goat kids at different slaughter weights. PhD Thesis, Ankara University Health Sciences Institute, Ankara.
- Kor A. (1997). Effects of castration at different ages on fattening power, carcass characteristics and meat quality in male kids from different genotypes. PhD Thesis, Ankara University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Koyuncu M, Tuncel E. (1996). Fattening and carcass characteristics of Angora goat x hair goat f1 hybrid kids. *Uludag University Faculty of Agriculture Journal*, 12: 89-100.
- Özdemir H. (2009). Structural and breeding characteristics of Angora goat breeding in Türkiye. PhD Thesis, Ankara University, Ankara.
- Öztürk A, Goncagül T, Akçapınar H. (1993). Fattening performance and carcass characteristics of male Angora goats. *Journal of Lalahan Livestock Research Institute*, 33(3-4): 69-79.
- Parmaksız K, Mevliyaoğulları E, Bingöl S. (2012). Production of goat meat in Turkey and characteristics of goat meat. <https://www.ruminantbesleme.com/2019/03/26/turkiye-keci-eti-uretimi-ve-keci-etinin-ozellikleri/> (Accessed: 17.05.2025).
- Treacher T, Mowlem A, Wilde R, Butler-Hogg B. (1987). Growth, efficiency of conversion and carcass composition of castrate male Saanen and Saanen x Angora kids on a concentrate diet. *Annales de Zootechnie*, 36(3): 341-342.
- TUIK (2024). Red meat production statistics, Turkish Statistical Institute. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kirmizi-Et-Uretim-Istatistikleri-2024-53539> (Accessed: 29.12.2024).
- TUIK (2025). Animal production statistics, Turkish Statistical Institute. <https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/58015> (Accessed: 26.02.2026).
- Yertürk M, Odabaşoğlu F. (2007). Investigation of the productivity traits of colored mohair goats raised in the Eastern and Southeastern Anatolia Regions under semi-intensive conditions. *Journal of the Veterinary Faculty of Yüzüncü Yıl University*, 18(2): 45-50.

HEMŞİRELERDE SESSİZ İSTİFA DURUMU: SİSTEMATİK DERLEME VE META-ANALİZ ÇALIŞMASI

FATMA GÜL TAKIR TATLI

Nişantaşı University, Graduate School, 34398 Sarıyer, İSTANBUL

ORCID ID: 0000-0002-6337-0477

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, hemşirelerde sessiz istifanın yaygınlığını ve sessiz istifa ile ilişkili örgütsel, bireysel ve mesleki değişkenleri meta-analitik olarak incelemektir. Literatür taraması Mayıs 2026'da tamamlanmış ve süreç PRISMA 2020 yaklaşımına uygun olarak yürütülmüştür. Meta-analize dahil edilen primer nicel çalışmalar JBI Analytical Cross-Sectional Studies kontrol listesine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde 27 kayıt incelenmiş, bunlardan 26'sı primer nicel çalışma olarak JBI ile puanlanmıştır.

Analizler R yazılımı kullanılarak rastgele etkiler modeli ile gerçekleştirilmiştir. Ana prevelans analizinde sessiz istifa yaygınlığı %66,3 olarak bulunmuştur. Koruyucu örgütsel ve bireysel kaynaklar ile sessiz istifa arasında negatif yönde anlamlı ilişki ($r = -0,463$), riskli örgütsel faktörler ile sessiz istifa arasında pozitif yönde anlamlı ilişki ($r = 0,569$) saptanmıştır. Sessiz istifa ile işten ayrılma niyeti ($r = 0,399$), tükenmişlik ve iş yükü ile ($r = 0,641$) pozitif yönde güçlü ilişkiler belirlenmiştir. Mesleki stres ve zorlanma değişkenleriyle de pozitif ilişki bulunmuştur ($r = 0,538$).

Çalışmalarda heterojenliğin yüksek olduğu görülmüş, bu nedenle bulgular duyarlılık analizleri ve yayın yanlığı testleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hemşirelerde sessiz istifanın yaygın bir durum olduğunu ve özellikle örgütsel faktörler ile tükenmişlik düzeylerinden önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Hemşirelik, iş yükü, işten ayrılma, sessiz istifa, tükenmişlik

QUIET QUITTING AMONG NURSES: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

ABSTRACT

The aim of this study is to meta-analytically examine the prevalence of quiet quitting among nurses and the organizational, individual, and occupational variables associated with quiet quitting. The literature search was completed in May 2026, and the process was conducted in accordance with the PRISMA 2020 approach. Primary quantitative studies included in the meta-analysis were evaluated according to the JBI Analytical Cross-Sectional Studies checklist. During the evaluation process, 27 records were examined, 26 of which were scored with JBI as primary quantitative studies.

Analyses were performed using R software with a random-effects model. In the main prevalence analysis, the prevalence of quiet quitting was found to be 66.3%. A significant negative relationship was found between protective organizational and individual resources and quiet quitting ($r = -0.463$), while a significant positive relationship was found between risky organizational factors and quiet quitting ($r = 0.569$). Strong positive relationships were determined between quiet quitting and turnover intention ($r = 0.399$), burnout, and workload ($r = 0.641$). A positive relationship was also found with occupational stress and strain variables ($r = 0.538$).

Heterogeneity was observed to be high in the studies; therefore, the findings were evaluated together with sensitivity analyzes and publication bias tests. The obtained results showed that quiet quitting is a common condition among nurses and is significantly affected particularly by organizational factors and burnout levels.

Keywords: Nursing, workload, turnover, quiet quitting, burnout

ENDÜSTRİ MİRASININ YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİNDE İMMERSİF MİRAS YORUMLAMASINA YÖNELİK KAVRAMSAL BİR ÇERÇEVE

Öğr. Gör. Çağlasu ARTUÇ

İstanbul Beykent Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mimari Restorasyon Programı,
34522 Esenyurt, İstanbul

ORCID ID: 0000-0003-1844-0015

Öğr. Gör. Çağla KAYA YALÇIN

İstanbul Beykent Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mimari Restorasyon Programı,
34522 Esenyurt, İstanbul

ORCID ID: 0000-0001-8098-0034

Dr. Öğr. Üyesi Buket AKÇAY GÜVEN

ORCID ID: 0000-0002-8156-0434

İstanbul Beykent Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mimari Restorasyon Programı,
34522 Esenyurt, İstanbul

ÖZET

Endüstri mirası yapılarının yeniden işlevlendirilmesi, bu yapıların fiziksel olarak korunmasının yanı sıra tarihsel, teknolojik ve toplumsal değerlerinin aktarılmasını da gerektirmektedir. İmmersif teknolojiler bu aktarımı destekleyebilmekle birlikte, ziyaretçiyi görsel, işitsel ve diğer duysal uyarılarla kuşatan her deneyim miras yorumlaması niteliği taşımamaktadır. Bu çalışmanın amacı, yeniden işlevlendirilen endüstri mirası alanlarındaki immersif uygulamaların miras yorumlamasına katkısını değerlendirmeye yönelik kavramsal bir çerçeve geliştirmektir. Çalışma, literatür ve belge analizine dayalı nitel bir araştırma kapsamında karşılaştırmalı vaka analizi olarak tasarlanmıştır. Değerlendirme çerçevesi; endüstri mirası, yeniden işlevlendirme, miras yorumlaması ve immersif deneyim literatürünün birlikte incelenmesiyle oluşturulmuştur. Bu doğrultuda endüstriyel miras değerlerinin aktarımı, alana özgülük, üretim, emek ve toplumsal bellek, anlatısal ve çok duyulu bütünlük, etkileşim ve erişilebilirlik, anlamlandırma ve öğrenme ile koruma ilkeleriyle uyum olmak üzere yedi değerlendirme boyutu belirlenmiştir. Çerçeve, Atelier des Lumières, Zollverein Kömür Madeni Endüstri Kompleksi ve Matadero Madrid-MAD örnekleri üzerinden uygulanmıştır.

Karşılaştırmalı değerlendirme, Atelier des Lumières ve MAD'in görsel ve işitsel açıdan güçlü immersif deneyimler sunduğunu; ancak içeriklerinin yapıların endüstriyel geçmişiyle doğrudan ilişki kurmaması nedeniyle alana özgülük, toplumsal belleğin aktarımı ve endüstriyel mirasın öğrenilmesine katkı açısından sınırlı kaldığını ortaya koymuştur. Buna karşılık Zollverein'de özgün yapılar, makineler, üretim izleri ve dolaşım rotaları, deneyimin temel bileşenlerini oluşturmakta ve endüstriyel geçmişin mekân üzerinden anlamlandırılmasını desteklemektedir. Sonuç olarak, immersif miras yorumlamasının niteliği, kullanılan teknolojinin yoğunluğundan çok deneyimin alanın kültürel önemi, özgün fiziksel izleri, üretim süreçleri ve toplumsal

bellesiyle kurduğu ilişkiye bağlıdır. Bu çalışmada önerilen çerçeve, immersif uygulamaların teknolojik çekiciliğin ötesinde, miras değerlerinin korunması, anlam aktarımı ve öğrenme açısından değerlendirilmesine katkı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Endüstri mirası, yeniden işlevlendirme, immersif miras yorumlaması, çok duyulu deneyim, alana özgülük

A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR IMMERSIVE HERITAGE INTERPRETATION IN THE ADAPTIVE REUSE OF INDUSTRIAL HERITAGE ABSTRACT

The adaptive reuse of industrial heritage structures requires not only their physical conservation but also the communication of their historical, technological, and social values. Although immersive technologies can support this process, not every experience that immerses visitors through visual, auditory, and other sensory stimuli constitutes heritage interpretation. This study aims to develop a conceptual framework for evaluating the contribution of immersive applications to heritage interpretation in adaptively reused industrial heritage sites.

The study was designed as a comparative case analysis within a qualitative research approach based on literature and document analysis. The evaluation framework was developed through the combined examination of the literature on industrial heritage, adaptive reuse, heritage interpretation, and immersive experience. Accordingly, seven evaluation dimensions were identified: communication of industrial heritage values; site specificity; production, labour, and collective memory; narrative and multisensory coherence; interaction and accessibility; meaning-making and learning; and compatibility with conservation principles. The framework was applied to the cases of Atelier des Lumières, the Zollverein Coal Mine Industrial Complex, and Matadero Madrid-MAD.

The comparative evaluation demonstrated that, despite offering visually and acoustically immersive experiences, Atelier des Lumières and MAD have limited potential to support site-specific interpretation, the transmission of collective memory, and industrial heritage learning, as their content is largely independent of the industrial history of the buildings in which they are located. At Zollverein, by contrast, the original structures, machinery, traces of production, and circulation routes constitute the principal components of the experience and support an understanding of the industrial past through the site itself.

In conclusion, the quality of immersive heritage interpretation depends not on the intensity of the technology employed, but on the extent to which the experience engages with the site's cultural significance, authentic physical remains, production processes, and collective memory. The proposed framework contributes to evaluating immersive applications beyond their

technological appeal, with regard to the conservation of heritage values, the communication of meaning, and learning.

Keywords: Industrial heritage, adaptive reuse, immersive heritage interpretation, multisensory experience, site specificity

1. GİRİŞ

Endüstri mirası, üretim faaliyetlerinden kalan yapı ve makinelerin yanı sıra enerji ve ulaşım sistemlerini, işçi yerleşimlerini, endüstriyel peyzajları, çalışma pratiklerini ve toplumsal belleği kapsayan çok bileşenli bir miras alanıdır. Bu mirasın değeri yalnızca mimari veya teknolojik özelliklerinden değil, üretim süreçlerinin maddi izlerinden ve bu süreçler çevresinde biçimlenen toplumsal yaşama ilişkin maddi olmayan unsurlardan da kaynaklanmaktadır (TICCIH, 2003, ss. 1-2). Endüstri mirasının korunması bağlamında teknolojik altyapıya uyum sağlayamama, kapasite veya doğal kaynak yetersizliği, verimsizlik ya da çevresel sorunlar nedeniyle atıl duruma gelen endüstri yapıları yeniden işlevlendirilebilmektedir (Şekerci ve Akıner, 2021, ss. 151-153). Yeniden işlevlendirme, bu yapıların fiziksel varlıklarının ve kültürel değerlerinin korunmasına, kullanım ömürlerinin uzatılmasına ve kentsel yaşama yeniden katılmalarına olanak sağlamaktadır (Angrisano ve diğerleri, 2025, ss. 1-3). Endüstri yapılarının yeniden işlevlendirilmesi yalnızca yeni bir işlev kazandırılması değil, geçmişten bugüne ulaşan mekânsal, maddi ve toplumsal katmanların güncel kullanımlarla yeniden ilişkilendirilmesi sürecidir (Biddau ve diğerleri, 2020, ss. 5-6).

Yeniden işlevlendirme yoluyla, yapının fiziksel sürekliliğinin sağlanması, endüstriyel anlamının da kendiliğinden korunduğu veya ziyaretçiye aktarıldığı anlamına gelmemektedir. Yeni kültür ve sanat kullanımları, terk edilmiş alanların görünürlüğünü artırabilse de üretim düzeni, emek tarihi, çalışma koşulları ve yerel topluluklarla ilişkiler geri planda kalabilmektedir. Endüstri yapısının özgün bileşenlerinden ve geçmişinden bağımsız bir etkinlik alanına dönüşmesi, korunan fiziksel çevre ile ziyaretçiye aktarılan anlam arasında kopukluk oluşturabilmektedir. Bu durum, koruma başarısı ile miras yorumlamasının niteliğinin ayrı ancak birbirleriyle ilişkili ölçütler olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Nitekim güncel bir çalışmada, yeniden işlevlendirilen endüstri alanlarındaki anıtsal yapıların görsel olarak algılanabilmesine karşın toplumsal ve tarihsel anlamlarının uzman olmayan ziyaretçiler açısından erişilemez kalabildiği vurgulanmaktadır (Huang ve diğerleri, 2026, ss. 1-3). Bu sorun, korunan fiziksel izlerle alanın tarihsel, toplumsal ve kültürel anlamları arasında ilişki kuran bir miras yorumlamasını gerekli kılmaktadır.

Projeksiyon, video haritalama, artırılmış ve sanal gerçeklik, mekânsal ses, koku teknolojileri ve etkileşimli sistemler, ziyaretçiyi çok duyulu biçimde kuşatan deneyimler oluşturarak mirasın sunumuna yeni olanaklar kazandırmaktadır. Bu teknolojilerle oluşturulan immersif dijital sergiler, hareketli görüntü ve sesi mimari yüzeylerle bütünleştirerek ziyaretçinin içinde hareket edebildiği geniş ölçekli deneyim ortamları meydana getirmektedir (Mathias, 2022, ss. 1-2). Bu sergilerin özellikle eski fabrika ve dökümhane yapılarında yaygınlaşması, yeniden işlevlendirilen endüstriyel mekânlarla immersif deneyimler arasında güncel bir kullanım ilişkisi doğurmuştur (Beck, 2023, ss. 1-2). Ancak görsel-işitsel kuşatma ve teknik yenilik tek başına tarihsel bilginin kavrandığını göstermemektedir. Dolayısıyla immersif deneyimin miras yorumlamasına katkısı, teknolojik etkiden çok anlatının tarihsel içerikle kurduğu ilişkiye bağlıdır. Video haritalama uygulamalarında görsel etkinin anlatının önüne geçebildiği; buna karşılık tarihsel araştırmaya dayanan bir anlatıyla bütünleştirilen uygulamaların tarihsel ve kültürel bilginin aktarılmasına ve izleyicinin mekânı yeni bir anlayışla değerlendirmesine katkı sağladığı görülmektedir (Faria ve diğerleri, 2020, ss. 124-126).

Çalışma kapsamında incelenen literatürde yeniden işlevlendirme, miras yorumlaması, dijital sunum, immersif deneyim, etkileşim ve öğrenme konularının çoğunlukla farklı araştırma odakları altında ele alındığı görülmektedir. Buna karşılık yeniden işlevlendirilen endüstri mirası yapılarındaki immersif uygulamaların alanın maddi ve somut olmayan değerleriyle kurduğu ilişkiyi bütüncül olarak değerlendiren bir kavramsal çerçeveye rastlanmamıştır.

Yazarların önceki çalışmasında Avrupa'daki üç uygulama örneği ile Türkiye'de yeniden işlevlendirme potansiyeli taşıyan üç endüstri mirası yapısı; immersif teknoloji türü ve uygulama düzeyi, duysal anlatı biçimi, deneyim türü ve yeniden işlevlendirme yaklaşımları bakımından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir (Artuç ve diğerleri, 2025). Bu çalışma ise söz konusu boşluktan hareketle önceki çalışmada da yer alan üç uluslararası örneği miras yorumlaması odağında yeniden ele almakta ve uluslararası koruma ve yorumlama ilkelerini immersif deneyim literatüründeki anlatı, duysal bütünlük, etkileşim, erişilebilirlik ve öğrenme yaklaşımlarıyla birleştiren yedi boyutlu kavramsal bir değerlendirme çerçevesi geliştirmektedir. Önerilen çerçeve, Atelier des Lumières, Zollverein Kömür Madeni Endüstri Kompleksi ve Matadero Madrid-MAD örnekleri üzerinden karşılaştırmalı olarak sınanmakta; böylece teknolojik çekicilik ile endüstriyel miras değerlerinin bütünleşik aktarımı arasındaki ilişki sistematik biçimde değerlendirilmektedir.

2. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Endüstri Mirasının Değerleri ve Yeniden İşlevlendirilmesi

Endüstri mirasının değer ve özgünlüğü, üretim yapıları ve makinelerle sınırlı olmayıp üretim süreçleriyle ilişkili altyapıya, peyzaja, çalışma pratiklerine ve toplumsal belleğe dayanmaktadır (TICCIH, 2003, ss. 1-2). Endüstri mirasının değerlendirilmesinde maddi bileşenlerin yanı sıra çalışanların becerilerinin, anılarının ve toplumsal yaşamlarının da dikkate alınması gerekmektedir (ICOMOS ve TICCIH, 2011, ss. 1-3). Endüstriyel bir alanın değer ve özgünlüğü, makinelerin veya bileşenlerin kaldırılması ya da bütünün parçası olan yardımcı unsurların yok edilmesi durumunda önemli ölçüde azalabilmektedir (TICCIH, 2003, s. 5).

Bununla birlikte yeniden işlevlendirmenin koruma açısından başarısı, yalnızca yapıya güncel bir kullanım kazandırılmasına değil, yeni işlevin alanın kültürel önemiyle kurduğu ilişkiye bağlıdır. Alanın kültürel önemiyle uyumlu kullanımın önemli fiziksel doku üzerindeki değişiklikleri en düşük düzeyde tutması ve alanla ilişkili anlamlara saygı göstermesi beklenmektedir (Australia ICOMOS, 2013, ss. 3-4). Endüstri mirası alanlarının yeniden kullanımında, değer taşıyan maddi bileşenler ile özgün dolaşım ve faaliyet örüntülerinin gözetilmesi; yeni işlevin yapının tarihsel kullanımıyla ilişkisinin sürdürülmesi ve geçmiş kullanımın yorumlama yoluyla görünür kılınması beklenmektedir (TICCIH, 2003, s. 5). Dolayısıyla yeniden işlevlendirme, fiziksel kabuğun korunmasıyla sınırlı görülmemeli; üretim süreçlerinin, emek tarihinin ve toplumsal belleğin okunabilirliğini de sürdürmelidir. Miras yorumlaması, korunan fiziksel izler ile alanın endüstriyel anlamı arasında bu bağlantının kurulmasını sağlayan temel araçlardan biridir.

2.2. Miras Yorumlaması ve Sunumu

Miras yorumlaması, kültürel mirasa ilişkin farkındalık ve anlayışı geliştirmeyi amaçlayan araştırma, eğitim, iletişim, toplumsal katılım ve değerlendirme faaliyetlerini; sunum ise yorumlayıcı içeriğin, bilginin düzenlenmesi, fiziksel erişim ve yorumlayıcı altyapı aracılığıyla planlı biçimde iletilmesini ifade etmektedir (ICOMOS, 2008, s. 2). Bu nedenle sunumda kullanılan teknolojinin gelişmişliği veya araçların görünürlüğü ilk bakışta güçlü bir izlenim oluştursa da tek başına nitelikli bir miras yorumlaması sağlamamaktadır.

Yorumlayıcı içeriğin alanın kültürel önemine ve güvenilir bilgi kaynaklarına dayanması; maddi kalıntıları, tarihsel belgeleri, sözlü anlatıları ve toplumsal belleği birbiriyle ilişkilendirmesi gerekmektedir. Özellikle endüstri mirası alanlarında üretim süreçleri ile bu süreçlerle ilişkili çalışanların bilgi, beceri, anı ve deneyimleri fiziksel izlerin anlamlandırılmasında önem taşımaktadır (ICOMOS ve TICCIH, 2011, ss. 1-7). Alanla ilişkili toplulukların yorumlama

sürecine katılması ise farklı deneyimlerin temsil edilmesini ve anlatının güncel bilgiler doğrultusunda geliştirilebilmesini desteklemektedir (ICOMOS, 2008, ss. 4-7).

Endüstri mirasının çok sayıdaki fiziksel bileşeninin ziyaretçiler tarafından bütüncül olarak anlaşılması güç olabilmektedir. Bu nedenle yorumlama, ziyaretçinin yapı, makine, üretim sistemi ve toplumsal yaşam arasındaki ilişkileri kavramasını sağlayacak bütüncül bir anlatı kurmalıdır (Chen ve Shimoda, 2025, ss. 225-226). Güncel bir çalışmada, sanal ortamda etkileşimli karakterler aracılığıyla sunulan eş zamanlı anlatının uzman olmayan ziyaretçilerin dikkatini anlatıyla ilişkili unsurlara yönelttiği ve tarihsel bağlam ile fiziksel çevre arasında bağlantı kurulmasını desteklediği ortaya konulmuştur (Huang ve diğerleri, 2026, ss. 1-3). Dolayısıyla yorumlamanın niteliği, kullanılan aracın görsel etkisinden çok bilginin güvenilirliği, alana özgülüğü, ziyaretçinin anlamlandırma sürecine sağladığı katkı ve öğrenmeyi destekleme düzeyiyle değerlendirilmelidir. Bu bağlamda etkili bir miras yorumlaması, alanın kültürel önemini açıklayarak ziyaretçinin fiziksel kalıntılar ile tarihsel, toplumsal ve kültürel bağlam arasında anlamlı ilişkiler kurmasını desteklemelidir (Australia ICOMOS, 2013, ss. 7-8).

2.3. İmmersif Deneyim ve Mirasla İlişkisi

İmmersif deneyim; ziyaretçinin görsel, işitsel, kokusal ve mekânsal uyaranlarla çevrelenerek kendisini sunulan anlatının veya ortamın parçası olarak algılamasıyla ilişkilidir. Projeksiyon, video haritalama, sanal ve artırılmış gerçeklik, mekânsal ses, koku teknolojileri ve etkileşimli sistemler bu deneyimi oluşturmak için kullanılabilir. Ancak immersiyon, yalnızca teknolojik donanım veya görüntülerin ölçeğine değil; farklı duylara seslenen unsurların mekân ve anlatıyla kurduğu bütünlüğe bağlıdır. İmmersif teknolojiler kültürel miras alanlarında belgeleme, koruma ve yeniden sunumun yanı sıra duysal anlatının oluşturulmasına da katkı sağlayabilmekte; görsel, işitsel ve kokusal uyaranların birlikte kullanılması, tarihsel mekânların çoklu duylarla algılanan deneyim alanlarına dönüşmesine olanak tanımaktadır (Artuç ve diğerleri, 2025, s. 578).

İmmersif sergiler, geniş ve esnek mekânsal kurguları nedeniyle yeniden işlevlendirilen endüstri yapılarında da uygulanmaktadır. Hareketli görüntülerle çevrelenen ziyaretçi mekân içinde serbestçe dolaşabilse de gösterimin önceden belirlenmiş akışını takip etmekte ve aktif katılımcıdan çok pasif izleyici konumunda kalmaktadır (Beck, 2023, ss. 2-3). Bu durum, etkileşimin fiziksel katılımı ile sınırlı kalmasına yol açabilmektedir. Benzer biçimde, video haritalama uygulamalarında görsel etkinin tarihsel anlatının önüne geçmesi teknolojinin

yorumlama işlevinden uzaklaşarak bağımsız bir gösteriye dönüşmesine neden olabilmektedir (Faria ve diğerleri, 2020, ss. 124-126).

İmmersif uygulamaların miras yorumlamasına katkısı, duyuşal deneyimin güvenilir bilgi kaynaklarına dayanan ve alana özgü bir anlatıyla bütünleştirilmesine bağılıdır. Görüntü, ses ve koku gibi duyuşal unsurlar, yalnızca atmosfer oluşturmak için değıl, alanın geçmiş üretim faaliyetlerinin ve çalışma koşullarının anlaşılmasını destekleyecek biçimde kullanılmalıdır. Etkileşim de yalnızca sistemin ziyaretçinin hareketine teknik tepki vermesiyle sınırlı kalmamalı; farklı bilgi katmanlarını keşfetmeyi, fiziksel izlerle geçmiş kullanımlar arasında bağılantı kurmayı ve anlamlandırmayı desteklemelidir. Bu nedenle anlatısal yönlendirme, duyuşal ve etkileşimli unsurları alana özgü bilgiyle ilişkilendiren bütüncül bir kurgunun parçası olmalıdır. Dolayısıyla immersif miras deneyiminin niteliğı; görsel çekicilikten çok alana özgülık, anlatısal ve çok duyulu bütünlük, anlamlı etkileşim ve öğrenmeye katkı ölçütleri üzerinden değerlendirilmelidir. Bu doğrultuda immersif teknolojiler, ancak alanın özgün fiziksel ve kültürel değerlerini görünür kılan bir yorumlama yaklaşımıyla bütünlüşinde mirasın aktarımına anlamlı katkı sağlayabilmektedir.

3. YÖNTEM VE KAVRAMSAL DEğERLENDİRME ÇERÇEVESİ

3.1. Araştırma Yöntemi ve Örnekleme Seçimi

Bu alışma, doküman incelemesine dayalı nitel araştırma yaklaşımı kapsamında karşılaştırmalı vaka analizi olarak tasarlanmıştır. Değerlendirme erevesi; endüstri mirası, yeniden işlevlendirme ve miras yorumlamasına ilişkin uluslararası ilkeler ile immersif deneyim, çok duyulu anlatı, etkileşim ve öğrenme literatürünün birlikte incelenmesiyle oluşturulmuştur. Atelier des Lumières, Zollverein Kömür Madeni Endüstri Kompleksi ve Matadero Madrid-MAD örnekleleri; yeniden işlevlendirilmiş endüstri yapılarında immersif uygulamalara yer vermeleri ve teknoloji kullanımının endüstriyel mirasın yorumlanmasıyla farklı düzeylerde ilişki kurduğu örnekleler olmaları nedeniyle seçilmiştir. Atelier des Lumières, eski bir dökümhanenin immersif diğital sergi mekânına dönüşümünü; Zollverein, üretim bileşenlerinin bütüncül biçimde korunduğu geniş ölçekli bir endüstri mirası alanını; Matadero Madrid-MAD ise eski mezbaha kompleksindeki kültürel yeniden kullanım ile immersif sergilemenin birlikte bulunduğu bir örneğı temsil etmektedir (Beck, 2023, ss. 2-4; şekerci ve Akıner, 2021, ss. 158-162; Biddau ve diğerleri, 2020, ss. 5-8).

Veriler; akademik yayınlar, uluslararası koruma belgeleri, kurumsal açıklamalar ve proje kaynaklarından elde edilmiştir. Üç örnekle, çalışmada geliştirilen yedi değerlendirme boyutu doğrultusunda incelenmiş ve bulgular karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır. Çalışma saha

gözlemi veya ziyaretçi araştırması içermediğinden ziyaretçiler üzerindeki etkiler ölçülmemiş; uygulamalar belgelenebilen içerik ve tasarım özellikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu nedenle değerlendirmeler, örneklerin belgelenebilen fiziksel, mekânsal ve yorumlayıcı özellikleriyle sınırlıdır.

3.2. Kavramsal Değerlendirme Çerçevesinin Oluşturulması

Literatür incelemesi sonucunda, immersif uygulamaların yalnızca teknolojik özelliklerini değil, endüstri mirasının anlamını aktarma ve koruma niteliğini de değerlendirmeye yönelik yedi boyut belirlenmiştir. Bu değerlendirme boyutları, uluslararası koruma ve yorumlama ilkeleri ile immersif deneyim literatüründe öne çıkan kavramların sentezlenmesiyle oluşturulmuştur. Her bir boyut, immersif miras yorumlamasının farklı bir yönünü temsil etmekte; birlikte ele alındıklarında ise koruma, anlatı ve ziyaretçi deneyimi arasındaki ilişkiyi bütüncül olarak değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bu boyutlar doğrultusunda oluşturulan değerlendirme soruları, örneklerin karşılaştırmalı analizinde kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. İmmersif miras yorumlamasına yönelik kavramsal değerlendirme çerçevesi

Değerlendirme Boyutu	Kuramsal Dayanak	Temel Değerlendirme Sorusu
Endüstriyel miras değerlerinin aktarımı	Endüstri mirasının tarihsel, teknolojik, toplumsal, mimari ve bilimsel değerleri (TICCIH, 2003, ss. 1-2)	Uygulama, alanın endüstriyel miras değerlerini anlaşılır biçimde aktarıyor mu?
Alana özgünlük	Yorumlamanın alanın kültürel önemi, bağlamı ve güvenilir bilgi kaynaklarına dayanması (ICOMOS, 2008, ss. 3-5)	İçerik alanın geçmişinden, fiziksel özelliklerinden ve kültürel öneminden türetilmiş mi?
Üretim, emek ve toplumsal bellek	Üretim süreçleri, çalışanların yaşamları, insan belleği ve gelenekler (TICCIH, 2003, ss. 2-5)	Üretim sistemi, emek deneyimleri ve toplumsal bellek görünür kılınıyor mu?
Anlatısal ve çok duyulu bütünlük	Görüntü, ses ve koku gibi duysal bileşenlerle kurulan immersif deneyim ve tarihsel anlatı ilişkisi (Beck, 2023, ss. 2-6; Faria ve diğerleri, 2020, ss. 124-126)	Görsel, işitsel, kokusal ve diğer duysal unsurlar tarihsel anlatıyı destekliyor mu?
Etkileşim ve erişilebilirlik	Fiziksel erişim, içeriğin anlaşılabilirliği, katılım ve anlatıyla bütünleşen etkileşim (ICOMOS, 2008, ss. 3-7; Huang ve diğerleri, 2026, ss. 8-10)	Ziyaretçi içeriğe erişebiliyor, anlatıyı anlayabiliyor ve anlatıyla etkileşime girebiliyor mu?
Anlamlandırma ve öğrenme	Anlatının dikkat, kavramsal bağlantı kurma ve tarihsel anlamayı desteklemesi (Huang ve diğerleri, 2026, ss. 9-11)	Deneyim, ziyaretçinin fiziksel izlerle tarihsel bağlam arasında bağlantı kurmasını sağlıyor mu?
Koruma ilkeleriyle uyum	Kültürel önem, özgünlük, bütünlük ve fiziksel dokuya saygı (ICOMOS, 1994; ICOMOS, 2008, ss. 5-6; Australia ICOMOS, 2013, ss. 3-8)	Uygulama alanın özgünlüğünü, bütünlüğünü ve kültürel önemini koruyor mu?

4. ÖRNEKLERİN İNCELENMESİ

4.1. Atelier des Lumières

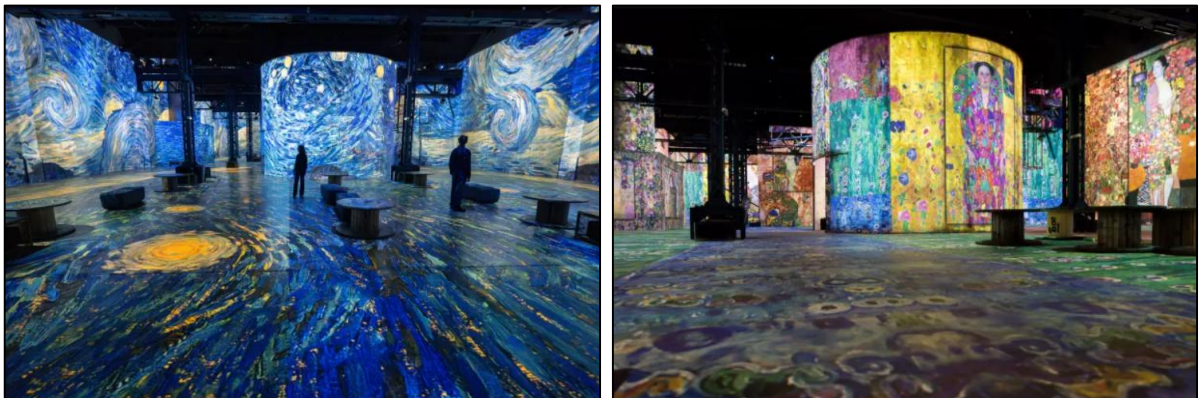
Atelier des Lumières, Paris'teki 19. yüzyıla ait Plichon demir dökümhanesinin restore edilerek 2018'de dijital sanat merkezine dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur (Atelier des Lumières, t.y.b). Yapının özgün metal strüktürü ve geniş iç hacmi korunmuş; yaklaşık 2.000 m² yüzeye

yansıtılan görüntüler için 140 projektör ve 50 hoparlörden oluşan bir sistem kurulmuştur (Faria ve diğerleri, 2020, ss. 130-131). Yeniden işlevlendirme sürecinde geniş açıklıklı üretim mekânı korunarak dijital sanat gösterilerine uygun, esnek bir sergileme ortamı oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Atelier des Lumières’de korunmuş endüstriyel mekân ve metal strüktür (Atelier des Lumières, t.y.a)

Merkezde Van Gogh ve Klimt gibi sanatçıların eserleri, hareketli görüntü ve müzikle mimari yüzeylere yansıtılmaktadır (Şekil 2). Görüntülerin duvarları, zemini ve ziyaretçileri kaplaması görsel-işitsel bütünlük oluşturmakta; ziyaretçinin mekânda dolaşarak projeksiyon ışığının önünden geçmesi deneyime fiziksel olarak katılmasını sağlamaktadır (Faria ve diğerleri, 2020, ss. 130-131). Ancak ziyaretçi içeriğin ilerleyişini değiştiremediğinden etkileşim sınırlı kalmakta ve deneyim ağırlıklı olarak pasif izlemeye dayanmaktadır (Beck, 2023, s. 2). İmmersif anlatı ise yapının tarihsel işlevinden çok sergilenen sanat eserlerinin estetik sunumuna odaklanmaktadır.

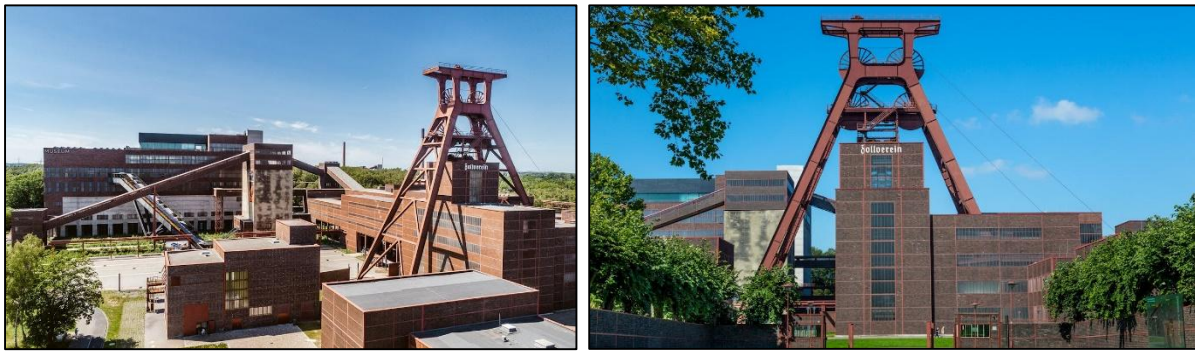


Şekil 2. Atelier des Lumières’de Vincent van Gogh (sol) ve Gustav Klimt (sağ) immersif sergileri (Atelier des Lumières, t.y.a)

Geliştirilen değerlendirme çerçevesine göre uygulama, yapının özgün hacmini ve metal strüktürünü koruması bakımından koruma ilkeleriyle uyumludur. Ancak sergilerin içeriği dökümhanenin üretim geçmişinden değil, tanınmış sanatçıların eserlerinden türetildiği için alana özgüllük zayıftır; üretim süreçleri, emek deneyimleri ve toplumsal bellek aktarılmamaktadır. Bu durum, ziyaretçilerin yapının endüstriyel geçmişini ve üretim sürecini deneyim üzerinden anlamlandırmasına ve öğrenmesine yönelik katkıyı sınırlandırmaktadır. Deneyim görsel ve işitsel açıdan güçlü olmakla birlikte endüstriyel mirasın anlamlandırılmasına ve öğrenilmesine katkısı sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle Atelier des Lumières, endüstri yapısının immersif sergileme için etkili biçimde yeniden kullanıldığı; ancak immersif deneyim ile miras yorumlamasının büyük ölçüde birbirinden bağımsız kaldığı bir örnek olarak değerlendirilebilir.

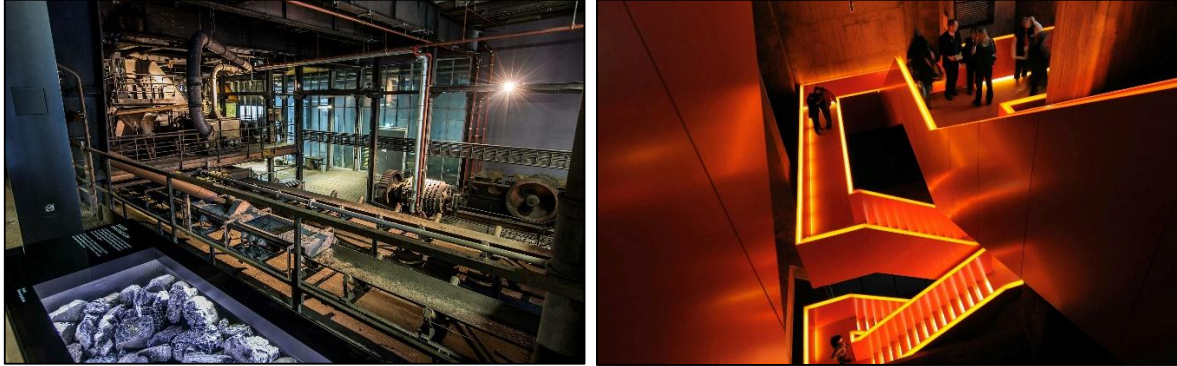
4.2. Zollverein Kömür Madeni Endüstri Kompleksi

Essen’de bulunan Zollverein Kömür Madeni Endüstri Kompleksi, üretimin 1986’da sona ermesinin ardından müze, tasarım, eğitim ve kültür işlevleriyle yeniden kullanılmıştır (Artuç ve diğerleri, 2025, ss. 581-582). Eski kömür yıkama tesisi Ruhr Müzesi’ne, kazan dairesi ise tasarım merkezine dönüştürülmüş; üretim yapıları, makineler, demiryolları ve dolaşım bağlantıları büyük ölçüde korunmuştur (Şekerci ve Akıner, 2021, ss. 158-161). Bu koruma yaklaşımı yalnızca tekil yapıların değil, üretim sistemini oluşturan yapıların, ulaşım bağlantılarının ve endüstriyel peyzajın da bir bütün olarak korunmasını esas almaktadır (Kaçar, 2016, ss. 485-489). Bu bütüncül koruma sayesinde üretim ve çalışma ilişkilerini yansıtan mekânsal organizasyon günümüzde de okunabilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Zollverein Kömür Madeni Endüstri Kompleksi'nin genel görünümü (Zollverein, t.y.) Burada ziyaretçi rotası, özgün üretim mekânları ve endüstriyel bileşenler üzerinden kurgulanmıştır (Şekil 4). Kömürün kızgın hâlini çağrıştıran turuncu merdivenler, aydınlatma düzeni ve korunmuş yapı dokusu, alanın geçmişiyle ilişkili mekânsal ve duyuşsal bir deneyim oluşturmaktadır. Böylece alanın endüstriyel anlatısı, korunan özgün üretim-mekân ilişkisi ve fiziksel bileşenler aracılığıyla aktarılmaktadır (Şekerci ve Akıner, 2021, ss. 159-160). Üretim

yapılarının özgün konumlarının ve aralarındaki mekânsal ilişkilerin korunmuş olması ziyaretçilerin üretim organizasyonunu ve iş akışını mekân üzerinden okumalarını ve alanın tarihsel işleyişini anlamalarını kolaylaştırmaktadır.



Şekil 4. Zollverein'de korunmuş üretim mekânı ve endüstriyel ekipmanlar (sol) ile ziyaretçi rotasını oluşturan turuncu merdivenler (sağ) (Zollverein, t.y.)

Yedi boyutlu değerlendirme çerçevesi doğrultusunda Zollverein; alana özgülük, endüstriyel miras değerlerinin aktarımı, üretim süreçlerinin okunabilirliği ve koruma ilkeleriyle uyum bakımından güçlüdür. Özgün yapılar ile üretim ilişkilerinin korunması, ziyaretçinin fiziksel izlerle tarihsel bağlam arasında bağlantı kurmasını desteklemektedir. Bununla birlikte dijital ve etkileşimli uygulamalar alanın kültürel kullanımını çeşitlendirse de bunların endüstriyel anlatıyla bütünleşme düzeyi uygulamaya göre değişmektedir. Bu nedenle Zollverein, immersif miras yorumlamasının ziyaretçinin teknolojik olarak kuşatılmasından çok özgün mekân, üretim izleri ve alana özgü duysal yönlendirmeler üzerinden kurulan mekânsal ve bedensel bir deneyime dayanabileceğini gösteren bir örnektir. Böylece ziyaretçi deneyimi, korunmuş endüstriyel çevre ile üretim süreçleri arasında kurulan ilişki sayesinde endüstriyel mirasın anlamlandırılmasını desteklemektedir.

4.3. Matadero Madrid-MAD

Matadero Madrid, 20. yüzyılın başında mezbaha ve hayvan pazarı olarak inşa edilen pavyonların kültür ve sanat kompleksine dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur (González Juárez, 2019, ss. 7-15). Yeniden işlevlendirme sürecinde mevcut tuğla duvarlar, metal strüktürler ve yapının eskime izleri korunmuş; mekânlar sergi, performans ve kamusal etkinliklere ev sahipliği yapacak şekilde uyarlanmıştır (Biddau ve diğerleri, 2020, ss. 2-3; Müller, 2024, ss. 41-42) (Şekil 5). Bu yaklaşım, endüstriyel yapının fiziksel özgünlüğünü korurken alanın kültür ve sanat işlevlerine uyarlanmasını sağlayan bütüncül bir yeniden işlevlendirme anlayışını yansıtmaktadır. Kompleksin mezbaha geçmişi, rehberli ziyaretler ve tarihsel bellek çalışmaları aracılığıyla aktarılmaktadır (Matadero Madrid, t.y.a, t.y.b).



Şekil 5. Matadero Madrid’de korunmuş endüstriyel yapı dokusu ve özgün pavyonlar
(ArchDaily, 2012)

Komplekste 2022’de açılan Madrid Artes Digitales (MAD), 360° projeksiyonlar, geniş ölçekli ekranlar, ses efektleri, sanal gerçeklik ve etkileşimli araçlarla immersif sergiler sunmaktadır (Madrid Artes Digitales, t.y.a; Matadero Madrid, 2022) (Şekil 6). Bununla birlikte Klimt gibi sanatçılara odaklanan sergilerin içeriği, yapının mezbaha geçmişiyle doğrudan ilişki kurmamaktadır. Bu nedenle ziyaretçi, tarihî endüstri yapısı içinde çok duyulu ve etkileyici bir deneyim yaşamakla birlikte, anlatı yapının özgün işlevinden çok serginin sanatsal içeriğine odaklanmaktadır.



Şekil 6. Madrid Artes Digitales (MAD) immersif projeksiyon uygulaması ve ziyaretçi deneyimi (Madrid Artes Digitales, t.y.b)

Önerilen kavramsal çerçeve kapsamında Matadero Madrid kompleksi, özgün yapı dokusunun korunması, mezbaha geçmişinin aktarılması ve kültürel erişilebilirlik bakımından; MAD ise çok duyulu deneyim bakımından güçlüdür. Ancak incelenen MAD uygulamasının alana özgüllüğü sınırlıdır; mezbahanın üretim süreçleri, çalışanları ve geçmiş işlevine ilişkin toplumsal bellek immersif anlatının merkezinde yer almamaktadır. Dolayısıyla Matadero Madrid kompleksi, endüstri mirasının kültür ve sanat işlevleriyle bütünleştirilmesi ve yorumlanması bakımından başarılı bir örnektir. MAD ise teknolojik ve duysal açıdan güçlü

olmakla birlikte, miras yorumlamasına katkısı sunulan serginin içeriği ile yapının endüstriyel geçmişi arasında kurulan ilişkiye bağlıdır.

5. KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Üç örnek, geliştirilen yedi boyut doğrultusunda karşılaştırılmıştır (Tablo 2). Karşılaştırmalı değerlendirme, örneklerin immersif miras yorumlamasına katkılarındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Örneklerin kavramsal çerçeve doğrultusunda karşılaştırılması

Değerlendirme Boyutu	Atelier des Lumières	Zollverein	Madrid Artes Digitales (MAD)
Endüstriyel miras değerlerinin aktarımı	Zayıf	Güçlü	Zayıf
Alana özgülük	Zayıf	Güçlü	Zayıf
Üretim, emek ve toplumsal bellek	Zayıf	Güçlü	Zayıf
Anlatısal ve çok duyulu bütünlük	Görsel-işitsel açıdan güçlü; miras anlatısıyla ilişkisi zayıf	Özgün mekân, üretim izleri ve mekânsal-bedensel deneyimle güçlü	Görsel-işitsel açıdan güçlü; miras anlatısıyla ilişkisi zayıf
Etkileşim ve erişilebilirlik	Etkileşim sınırlı	Mekânsal keşif güçlü; dijital etkileşim değişken	Teknik etkileşim güçlü; mirasla ilişkisi sınırlı
Anlamlandırma ve öğrenme	Sanatsal içerik bakımından güçlü; endüstriyel geçmiş bakımından zayıf	Endüstriyel geçmiş bakımından güçlü	Sergi içeriğine bağlı; endüstriyel geçmiş bakımından zayıf
Koruma ilkeleriyle uyum	Özgün hacim ve strüktürün korunması bakımından güçlü	Özgün doku, makineler ve üretim ilişkileri bakımından güçlü	Özgün yapı dokusunun korunması bakımından güçlü

Karşılaştırmalı analiz, teknolojik immersiyonun tek başına nitelikli bir miras yorumlaması oluşturmadığını göstermektedir. Atelier des Lumières ve MAD, ziyaretçiyi görüntü ve sesle kuşatan güçlü deneyimler sunsa da sergi içeriklerinin yapıların endüstriyel geçmişinden bağımsız olması nedeniyle alana özgülük, toplumsal bellek ve miras öğrenmesi bakımından sınırlı kalmaktadır. Bu örneklerde endüstri yapısı, mirasın yorumlandığı temel unsur olmaktan çok immersif gösterinin gerçekleştirildiği fiziksel bir kabuk işlevi görmektedir.

Zollverein'de ise ziyaretçi deneyimi, büyük ölçüde özgün üretim yapıları, makineler, dolaşım rotaları, malzeme ve mekânsal atmosfer üzerinden kurulmaktadır. Böylece ziyaretçi, endüstriyel çevreyi yalnızca gözlemlemekle kalmayıp üretim organizasyonunu ve tarihsel işleyişi de mekân aracılığıyla anlamlandırabilmektedir. Karşılaştırmalı bulgular, immersif miras yorumlamasının niteliğini belirleyen temel unsurun kullanılan teknolojinin yoğunluğu değil, deneyimin alana özgü değerler, fiziksel izler, üretim süreçleri ve toplumsal bellekle kurduğu ilişki olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, yeniden işlevlendirilen endüstri mirası alanlarındaki immersif uygulamaları değerlendirmek amacıyla yedi boyutlu kavramsal bir çerçeve önerilmiştir. Atelier des Lumières, Zollverein ve Matadero Madrid-MAD örneklerinin karşılaştırılması, teknolojik ve çok duyulu deneyimin tek başına nitelikli bir miras yorumlaması oluşturmadığını göstermiştir. Karşılaştırmalı analiz, immersif uygulamaların miras yorumlamasına katkısının sergilenen teknolojinin düzeyinden çok anlatının yapının endüstriyel geçmişiyle kurduğu ilişkiye bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Atelier des Lumières ve MAD'de bu ilişki sınırlı kalırken, Zollverein'de özgün yapı, üretim izleri ve mekânsal organizasyon deneyimin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır.

Bu doğrultuda immersif miras yorumlamasının niteliği; kullanılan teknolojinin yoğunluğundan çok deneyimin alanın kültürel önemi, özgün fiziksel izleri, üretim süreçleri, emek deneyimleri ve toplumsal belleğiyle kurduğu ilişkiye bağlıdır. Görüntü, ses, koku ve etkileşim gibi duysal unsurlar kendi başına bir gösteri niteliği taşımak yerine tarihsel açıdan güvenilir, alana özgü ve anlamlı bir anlatıyı desteklemelidir.

Önerilen kavramsal çerçeve, yeniden işlevlendirilen endüstri mirası alanlarındaki immersif uygulamaların yalnızca teknolojik özellikleri üzerinden değil, koruma, miras değerlerinin aktarımı ve ziyaretçinin anlamlandırma süreci açısından da değerlendirilmesine yönelik sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma doküman incelemesine dayalı olduğundan ziyaretçi deneyimi doğrudan ölçülmemiştir. Gelecek araştırmalarda kavramsal çerçevenin saha gözlemleri, ziyaretçi görüşmeleri ve farklı endüstri mirası örneklerini kapsayan uygulamalı araştırmalar aracılığıyla sınanması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Angrisano, M., Bottero, M., Cavana, G., Fabbrocino, F., Gravagnuolo, A., & Fusco Girard, L. (2025). Adaptive reuse of cultural built heritage: Towards the implementation of the circular city model. *Frontiers in Built Environment*, 11, 1561982. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1561982>
- ArchDaily. (2012, Kasım 20). Hangar 16 / Iñáqui Carnicero Architecture. <https://www.archdaily.com/295502/hangar-16-inaqui-carnicero-architecture> adresinden 10 Ağustos 2026 tarihinde alınmıştır.
- Artuç, Ç., Kaya Yalçın, Ç., & Akçay Güven, B. (2025). Duyusal anlatının gücü: Endüstriyel miras yapılarında immersif ve çok boyutlu yeniden işlevlendirme. İçinde O. Erkmen (Ed.), 14th International Zeugma Congress on Scientific Research: The proceedings book (ss. 575-597). Liberty Publishing House. https://www.zeugmakongresi.org/_files/ugd/614b1f_b4e9bd9534574f16a9bd7eaac673e19.pdf
- Atelier des Lumières. (t.y.a). Atelier des Lumières. 10 Ağustos 2026 tarihinde <https://www.atelier-lumieres.com> adresinden alınmıştır.
- Atelier des Lumières. (t.y.b). History of the place. 10 Ağustos 2026 tarihinde <https://www.atelier-lumieres.com/en/explore/place-of-history> adresinden alınmıştır.
- Australia ICOMOS. (2013). The Burra Charter: The Australia ICOMOS charter for places of cultural significance, 2013.

- <https://publ.icomos.org/publicomos/jlbSai?html=Bur&base=technica&ref=42970&file=1651.pdf&path=ICOMOS-Australia-The-Burra-Charter-2013.pdf>
- Beck, M. (2023). A lived experience—Immersive multi-sensorial art exhibitions as a new kind of (not that) ‘cheap images’. *Arts*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.3390/arts12010016>
- Biddau, G. M., Marotta, A., & Sanna, G. (2020). Abandoned landscape project design. *City, Territory and Architecture*, 7(10), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40410-020-00118-7>
- Chen, W., & Shimoda, I. (2025). Enhancing the interpretation of industrial heritage and cultural landscape of Iwami Ginzan through digital technologies. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-9-2025, 225-232. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-225-2025>
- Faria, P. M., Cardoso, S., Morais, R., Moreira, P. M., Moura, A., Marques, G. M., Silva, A., Almeida, C., & Araújo, I. (2020). Enhancing cultural heritage of a region through visual and auditory engagement in a video mapping projection. *Journal of Digital Media & Interaction*, 3(7), 124-144. <https://doi.org/10.34624/jdmi.v3i7.16698>
- González Juárez, E. A. (2019). Matadero Madrid: Modern ruin, city of the arts. *Estudis escènics: quaderns de l'Institut del Teatre*, 44, 1-20. <http://hdl.handle.net/20.500.11904/1187>
- Huang, X., Liang, H., Wang, Y., Wang, Y., Li, D., & Zhang, B. (2026). Narrative as cognitive infrastructure reduces semantic opacity in virtual industrial heritage. *npj Heritage Science*, 14, 126. <https://doi.org/10.1038/s40494-026-02352-7>
- ICOMOS & TICCIH. (2011). Joint ICOMOS-TICCIH principles for the conservation of industrial heritage sites, structures, areas and landscapes: The Dublin Principles. https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/GA2011_ICOMOS_TICCIH_joint_principles_EN_FR_final_20120110_1.pdf
- ICOMOS. (1994). The Nara document on authenticity. https://publ.icomos.org/publicomos/jlbSai?base=technica&file=2817.pdf&html=Bur&path=International_Charter_for_Conservation_and_Restoration_chap10.pdf
- ICOMOS. (2008). The ICOMOS charter for the interpretation and presentation of cultural heritage sites. https://admin.icomos.org/wp-content/uploads/2025/03/interpretation_FREN.pdf
- Kaçar, A. D. (2016). Learning from the Ruhr: The case of the World Heritage Site Zollverein as a model of conserving industrial culture in Turkey. *idealkent: Journal of Urban Studies*, 7(19), 474-496. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/465212>
- Madrid Artes Digitales. (t.y.a). About us. 10 Ağustos 2026 tarihinde <https://madridartedigitales.com/en/about-us/> adresinden alınmıştır.
- Madrid Artes Digitales. (t.y.b). *Klimt: The immersive experience*. 10 Ağustos 2026 tarihinde <https://madridartedigitales.com/en/exhibitions/klimt/> adresinden alınmıştır.
- Matadero Madrid. (2022, 2 Mart). Madrid estrena su nuevo Centro de Experiencias Inmersivas en la Nave 16 de Matadero Madrid. 10 Ağustos 2026 tarihinde <https://www.mataderomadrid.org/prensa/madrid-estrena-su-nuevo-centro-de-experiencias-inmersivas-en-la-nave-16-de-matadero-madrid> adresinden alınmıştır.
- Matadero Madrid. (t.y.a). Memoriadero. 17 Ağustos 2026 tarihinde <https://www.mataderomadrid.org/programacion/memoriadero> adresinden alınmıştır.
- Matadero Madrid. (t.y.b). Visitas dialogadas: Matadero Madrid, Centro de Creación Contemporánea. 17 Ağustos 2026 tarihinde <https://www.mataderomadrid.org/programacion/visitas-dialogadas-matadero-madrid-centro-de-creacion-contemporanea-0> adresinden alınmıştır.
- Mathias, N. (2022). Meta-artistic immersion in digital exhibitions: History-mobilization-spectatorship. *Journal of Aesthetics & Culture*, 14(1), 2129160. <https://doi.org/10.1080/20004214.2022.2129160>
- Müller, A. (2024). Uncomfortable Heritage: Adaptive Reuse Strategies for Industrial Building Reconversion. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13995167>
- Şekerci, Y., & Akıner, İ. (2021). Endüstriyel-kültürel mirasın değerlendirilmesi: Almanya Zollverein maden ocağı kompleksi örneği. *Planlama*, 31(2), 151-163. <https://doi.org/10.14744/planlama.2021.03274>
- TICCIH. (2003). The Nizhny Tagil charter for the industrial heritage. <https://ticcih.org/wp-content/uploads/2013/04/NTagilCharter.pdf>

Zollverein. (t.y.). The heritage of mankind. The cultural heart of the Ruhr Area.
<https://www.zollverein.de/zollverein-unesco-world-heritage-site/> adresinden 10 Ağustos 2026
tarihinde alınmıştır.

ANADOLU SELÇUKLU MİMARİSİNDE YER ALAN MOTİFLERİN ÇAĞDAŞ SERAMİK SANATINA YANSIMALARI: TASARIM VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Doç. Dr. Nilüfer Nazende ÖZKANLI

Aksaray University, Faculty of Education, Department of Fine Arts Education, Aksaray

ORCID ID: 0000-0003-2940-321X

ÖZET

İnsanlık tarihi kadar bir geçmişe sahip olan seramik, teknolojik, sanatsal ve kültürel gelişmelere bağlı olarak tarih boyunca değişim geçiren önemli bir malzemedir. İşlevsel, dekoratif ve sanatsal kullanım alanlarında çeşitli form, renk ve desenleriyle önemini günümüze kadar korumuştur. Üzerinde yaşadığımız Anadolu toprakları birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış zengin kültürel birikimi ve farklı medeniyetlerin bıraktığı sanatsal miras bakımından önemli bir coğrafyadır. Bu coğrafi bölgede yaşayan en önemli uygarlıklardan biri de Anadolu Selçukluları Uygarlığı olmuştur. Anadolu coğrafyasının kültürel ve sanatsal zenginliğine önemli katkılar sağlayan Anadolu Selçukluları, bıraktıkları eserlerle bu mirasın önemli bir bölümünü oluşturmuştur. Anadolu Selçuklular İslam sanatının estetik anlayışı ile Orta Asya Türk kültürünü Anadolu'nun mevcut kültürüyle sentezleyerek özgün bir sanat anlayışı geliştirmiştir. Dini ve sivil mimaride kullanılan motifler geometrik, bitkisel ve figüratif motifler ile çeşitli simge ve semboller, dönemin estetik anlayışını ve kültürel kodlarını yansıtan önemli unsurlar olmuştur. Mimari yapıların iç ve dış mekânlarında görülen bu süsleme anlayışı, yalnızca estetik bir değer taşımamakta; aynı zamanda dönemin sosyal, kültürel ve inanç dünyasına ilişkin anlamlar da barındırmaktadır. Motifler sadece estetik bir ifade biçimi değil aynı zamanda toplumların kültürel birikimini, inanç sistemini yansıtan sembolik bir iletişim aracıdır. Anadolu Selçuklarında da mimaride süsleme unsuru olarak kullanılan motiflerin estetik bir görüntünün ötesinde bir ifade aracı olarak görülmektedir.

Çağdaş Türk seramik sanatçılarının, üzerinde yaşadıkları Anadolu coğrafyasının zengin kültürel mirasından etkilenmeleri doğal bir süreç olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, pek çok çağdaş seramik sanatçısının Anadolu uygarlıklarının kültürel ve sanatsal mirasından yararlanarak geleneksel unsurları çağdaş seramik formlar içerisinde yeniden yorumladığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, Anadolu Selçuklu sanatında kullanılan motiflerin çağdaş seramik formlara aktarılması ve yeniden yorumlanması ele alınarak, söz konusu görsel unsurların sanatçıların özgün tasarım anlayışına ve çağdaş seramik sanatındaki ifade olanaklarına sağladığı katkının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Anadolu Selçuklu motifleri, çağdaş seramik, mimari süsleme.

REFLECTIONS OF MOTIFS FOUND IN ANATOLIAN SELJUK ARCHITECTURE ON CONTEMPORARY CERAMIC ART: A STUDY ON DESIGN AND APPLICATION EXAMPLES

ABSTRACT

Ceramics, with a history as old as humanity itself, is an important material that has undergone changes throughout history in line with technological, artistic, and cultural developments. With its various forms, colors, and patterns, it has maintained its importance to this day in functional, decorative, and artistic uses. The Anatolian lands we inhabit have hosted many civilizations, making it a significant geographical area with a rich cultural heritage and artistic legacy left by different civilizations. One of the most important civilizations in this region was the Anatolian Seljuk Civilization. The Anatolian Seljuks, who made significant contributions to the cultural and artistic richness of Anatolia, constitute a significant part of this heritage with the works they left behind. The Anatolian Seljuks developed a unique artistic understanding by synthesizing the aesthetic understanding of Islamic art with Central Asian Turkic culture and the existing culture of Anatolia. The motifs used in religious and civil architecture, including geometric, plant, and figurative motifs, as well as various symbols and emblems, have been important elements reflecting the aesthetic understanding and cultural codes of the period. This decorative style, seen in the interior and exterior spaces of architectural structures, not only carries aesthetic value but also contains meanings related to the social, cultural, and belief world of the period. Motifs are not only a form of aesthetic expression but also a symbolic means of communication reflecting the cultural heritage and belief systems of societies. In Anatolian Seljuk architecture, motifs used as decorative elements are seen as a means of expression beyond mere aesthetic appeal.

The influence of the rich cultural heritage of Anatolia, the geography in which contemporary Turkish ceramic artists live, can be considered a natural process. In this context, many contemporary ceramic artists are seen to reinterpret traditional elements within contemporary ceramic forms, drawing upon the cultural and artistic heritage of Anatolian civilizations. This study aims to evaluate the contribution of these visual elements to the artists' original design understanding and the expressive possibilities in contemporary ceramic art by examining the transfer and reinterpretation of motifs used in Anatolian Seljuk art into contemporary ceramic forms.

Keywords: Anatolian Seljuk motifs, contemporary ceramics, architectural ornamentation.

1. GİRİŞ

Sanat, geçmişin izlerini günümüze taşıyarak kültürel değerlerin gelecek kuşaklara aktarılmasını sağlayan önemli bir ifade alanıdır. Bu bağlamda motifler, kültürel mirasın görsel ve estetik açıdan en belirgin unsurlarından biri olarak değerlendirilebilir. Tarihsel süreç içerisinde sanat, toplumların kültürel, estetik ve düşünsel değerlerinin yansıtılmasında önemli bir rol üstlenmiştir. Sanat eserleri yalnızca görsel bir anlatım sunmakla kalmayıp, aynı zamanda üretildikleri dönemin sosyal, ekonomik ve kültürel yapısına ilişkin önemli bilgiler de ortaya koymaktadır. Bu yönüyle sanat eserlerinde yer alan motif ve semboller, toplumların kültürel belleğinin, yaşam biçimlerinin ve estetik anlayışlarının anlaşılmasına katkı sağlayan önemli göstergeler niteliğindedir (Öztürk 2025).

Motif, süsleme kompozisyonlarını oluşturan, belirli bir biçimsel bütünlüğe ve tekrar edilebilirliğe sahip temel görsel birim olarak tanımlanabilir. Doğadan alınan biçimlerin stilize edilmesi veya geometrik düzenlemelerin belirli kurallar çerçevesinde oluşturulmasıyla meydana gelen motifler, yalnızca estetik bir işlev üstlenmemekte; aynı zamanda ait oldukları kültürün sembolik, düşünsel ve sanatsal değerlerinin aktarılmasına aracılık etmektedir. Bu bağlamda Anadolu Selçuklu sanatında kullanılan geometrik, bitkisel ve figürlü motifler, dönemin mimari süsleme anlayışının temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Aslanapa 1984, Öney 1978, Arık, 2007).

Üzerinde yaşadığımız Anadolu toprakları birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış zengin kültürel birikimi ve farklı medeniyetlerin bıraktığı sanatsal miras bakımından önemli bir coğrafyadır. Bu coğrafi bölgede yaşayan en önemli uygarlıklardan biri de Anadolu Selçukluları Uygarlığı olmuştur.

Türkler, Orta Asya'dan IX. yüzyılda başlattıkları ve 200 yıl süren Anadolu'ya göç hareketleri süresince, kendi göçebe ve yerleşik yaşam kültürlerini diğer milletlerin kültürleriyle harmanlamışlardır. Bunun sonucunda, Anadolu'da İslâm dünyasında görülmeyen bir anlayışla, taassuptan uzak Türk-İslâm kültür ve medeniyeti olarak adlandırılan yeni ve kendine özgü bir kent medeniyeti meydana getirmişlerdir (Mutlu 2014).

İslam dinini kabul ederek Anadolu topraklarına yerleşen Türkler, yine bu topraklarda başlattıkları Devlet geleneğini Selçuklular ve daha sonraları Osmanlı İmparatorluğu ile zirveye ulaştırmışlardır. Selçukluların Anadolu'ya yerleşmesiyle oluşan Selçuklu Devleti Türk mimari sanatının gelişmesine katkı sağlamıştır. Camiler, mescitler, hamamlar, medreseler, türbeler ve şifahaneler gibi pek çok mimari yapıların yanında kervan yolları üzerinde bulunan hanlar da inşa edilmiştir (Yıldız vd 2025). Anadolu Selçukluları başta başkent Konya olmak üzere

Anadolu şehirlerinde cami, medre-se, türbe, köşk, kervansaray, han, hamam, hanikah gibi mimari eserler yapmışlardır. Çoğu Orta Asya'dan gelen, geniş bir tecrübe ve olgunluğa sahip yetenekli Türk mimarları, sanatkârları, yerli mimari ve sanattan da esinlenerek Anadolu'ya özgü bir Anadolu Selçuklu taş ve çini işçiliğinde çığır açmışlardır (Özkartal & Çavuş 2018)

İnsanlık tarihi kadar bir geçmişe sahip olan seramik, teknolojik, sanatsal ve kültürel gelişmelere bağlı olarak tarih boyunca değişim geçiren önemli bir malzemedir. İşlevsel, dekoratif ve sanatsal kullanım alanlarında çeşitli form, renk ve desenleriyle önemini günümüze kadar korumuştur. Çağdaş Türk seramik sanatçılarının, üzerinde yaşadıkları Anadolu coğrafyasının sahip olduğu zengin kültürel mirastan etkilenmeleri, tarihsel ve kültürel süreklilik bağlamında doğal bir süreç olarak değerlendirilebilir. Anadolu'nun farklı dönemlerde ev sahipliği yaptığı uygarlıklar, sanatsal üretim biçimleri, estetik anlayışları, sembolleri, motifleri ve teknik uygulamaları aracılığıyla günümüz sanatçıları için önemli bir kültürel referans kaynağı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, birçok çağdaş Türk seramik sanatçısının Anadolu uygarlıklarına ait kültürel ve sanatsal mirastan yararlanarak geleneksel biçim, motif ve sembolleri çağdaş seramik anlayışı içerisinde yeniden yorumladığı görülmektedir. Bu yeniden yorumlama süreci, geleneksel unsurların doğrudan tekrarlanmasından ziyade, geçmişe ait görsel ve kültürel değerlerin sanatçının özgün ifade biçimi doğrultusunda dönüştürülmesini kapsamaktadır. Dolayısıyla çağdaş seramik sanatı, Anadolu'nun çok katmanlı kültürel mirası ile günümüz sanat anlayışı arasında bir etkileşim ve yeniden üretim alanı oluşturmaktadır.

Bu çalışma, Anadolu Selçuklu sanatında kullanılan motiflerin çağdaş seramik sanatı bağlamında ele alınmasını ve seramik formlar aracılığıyla yeniden yorumlanmasını konu almaktadır. Çalışmada, Anadolu Selçuklu dönemine ait geometrik, bitkisel ve figürlü motiflerin biçimsel ve estetik özellikleri incelenerek, söz konusu motiflerin çağdaş seramik tasarımına aktarılma olanakları değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda araştırmanın temel amacı, tarihsel ve kültürel bir miras niteliği taşıyan Anadolu Selçuklu motiflerinin çağdaş seramik formları üzerindeki kullanımını incelemek ve geleneksel motiflerin günümüz sanat anlayışı içerisinde yeniden yorumlanmasının özgün tasarım ve ifade olanaklarına sağladığı katkıyı ortaya koymaktır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Anadolu Selçuklu Mimarisinde Kullanılan Süsleme Malzemeleri ve Motifler

Mimari yapıların cephelerinde ve iç mekânlarında kullanılan süslemeler, yalnızca yapının estetik görünümünü zenginleştiren dekoratif unsurlar olarak değerlendirilmemelidir. Süsleme, aynı zamanda yapının ait olduğu toplumun kültürel değerlerini, inançlarını, ekonomik gücünü

ve siyasi kimliğini yansıtan bir anlatım aracı niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda mimari cephede kullanılan bezemeler; güç ve ihtişamın ortaya konulması, ekonomik ve toplumsal statünün vurgulanması ya da dini inançların ve kutsallık anlayışının görsel olarak ifade edilmesi gibi farklı işlevler üstlenebilmektedir. Bunun yanı sıra, mimarinin taşıyıcı ve geometrik karakterini oluşturan düz yüzeyler ile sert ve keskin yapı elemanları arasında süsleme kullanılması, yapının görsel algısını yumuşatmakta ve izleyicide estetik ve duygusal bir etki oluşturmaktadır.

Süsleme, Türk sanatında her zaman önemli bir yere sahip olmuştur. Türklerin Orta Asya'daki yaşam biçimleri dikkate alındığında, mimari ile süsleme arasındaki ilişkinin yalnızca kalıcı yapılarda değil, gündelik yaşam alanlarında da görüldüğü anlaşılmaktadır. Örneğin yurtların iç mekânları, dokuma kumaşlar, halılar ve çeşitli tekstil ürünleri aracılığıyla bezemeli bir karakter kazanmıştır. Bu durum, Türklerin yaşam alanını yalnızca işlevsel bir mekân olarak değil, aynı zamanda estetik değerlerin yansıtıldığı bir çevre olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Türklerin İslamiyet'i kabul etmesi ile birlikte de önemini korumaya devam etmiştir. Süslemenin en küçük yapı taşı olan motifler, Türk sanatının ana unsurlarından birini oluşturmaktadır. Ortak kültür sonucu ortaya çıkmış olan motifler gerek mimarî eserlerde gerekse el sanatları eserlerinde sıklıkla görülmektedir. Bu motifler günlük kullanım eşyalarında, dokuma, kıyafet-giyim, çini, seramik, tezhip ve birçok küçük el sanatları eserlerinde kullanılarak kendilerinden sonra gelen medeniyetlerin de ilham almasına ve motiflerin günümüze kadar gelmesine olanak sağlamıştır. Türk sanatının her döneminde olduğu gibi Anadolu Selçukluları döneminde de önemli bir yeri olan süsleme geleneği, camii, medrese, kervansaray ve kümbetlerin en gösterişli yapı ögesi olan taç kapılarında da kullanılmıştır. Süsleme geleneği mimari yapıların maddi açıdan çekiciliğini arttırdığı gibi manevi gücünü de gösterdiği söylenebilir (Yıldız & Mercin 2023).

Türk sanatında oldukça yaygın görülen motifler, kullanıldıkları dönemlerin özellikleri, temel bilgileri hakkında bir nevi kimlik özelliği taşımaktadır (Mülayim 1998). Bu motiflerin insan ruhunda oluşturduğu hisler, Türk toplumlarının yaptıkları farklı türdeki eserlerde uygulanmasını ve sanatsal tasarımlarda görülmesini sağlamıştır (Tuluk 2008). Motifleri, ortaya çıktıkları döneme göre İslamiyet öncesi Proto Türk, Hun ve Göktürk; İslamiyet sonrası Karahanlı, Gazneli, Büyük Selçuklu, Anadolu Selçuklu ve Osmanlı Dönemi olarak kendi içinde sınıflandırmak mümkündür. Bunlar; bitkisel, geometrik, figürlü ve yazılı olmak üzere dört biçimde sınıflandırılmaktadır (Akar 1978). Anadolu coğrafyasında yaşamış olan çoğu medeniyet, bu motifleri kendi kültür ve benliklerine uygun olarak mimarî eserlerinde ve el

sanatlarında kullanmış; bunun sonucunda bu motifler günümüze kadar taşınmıştır (Sönmeztürk vd 2022).

Taş Süsleme; Taşın, Türk yapı ve mimari sanatında geniş ölçüde kullanılması ise, Anadolu'da başlar; 11. yüzyılın ortalarından kısa bir süre sonra Anadolu'ya hakim olan Selçuklular, çevrede bulunan taş malzemesinin doğurduğu durum karşısında geleneksel mimari ve yapı anlayışını da buna bağlı olarak, hemen hemen kökünden değiştirmişlerdir (Gündüz 2002).

Selçuklular taş kabartma tekniğinde büyük gelişme kaydetmişlerdir. Selçuklu taş işçiliği daha çok portallerde yoğunlaşmıştır. Anadolu Türk mimarisinde, ise ana yapı malzemesi olan taşla 12. ve 13. yüzyıllarda özgün bir mimari bezeme üslubu yaratılmıştır. Bezeme programında belirli bir tutarlılık vardır. 12. yüzyılın ilk yarısına değin kütle, yalınlığıyla bir orta çağ yapısı karakterini korur; yüksek taş duvarlardaki yalınlık içe dönük bir mimariyi yansıtır (Sönmeztürk vd 2022). Süslemeyi oluşturan motifler geometrik, doğadan esinlenen bitkisel ve figürlerden oluşmaktadır. Ayrıca yazılar da kullanıldığı görülmektedir. Bu yazılarda yapının dini ve sosyal yapısını açıklayan yapım ve onarım tarihi, yaptıranı ve yapanın isimleri, ayrıca dinsel içerikli kutsal sözlerin aktarılmasından oluşan belge niteliğini taşıyan motiflerdir.

Çini Sanatı, özellikle XIII. yüzyılda mimari yüzeylerin bezemesinde önemli bir konuma ulaşmıştır. Anadolu Selçuklu çini sanatının gelişiminde İran, Orta Asya ve Büyük Selçuklu sanat geleneklerinin etkileri görülmekle birlikte, Anadolu'da bu miras özgün bir üslupla yeniden yorumlanmıştır. Anadolu Selçuklu döneminde çiniler başta camiler, mescitler, medreseler, saraylar, türbeler ve şifahaneler olmak üzere farklı mimari yapılarda kullanılmıştır. Çini uygulamaları özellikle mihrap, kubbe, kubbe geçişleri, eyvan, duvar yüzeyleri, kemerler ve bordürlerde yoğunlaşmıştır.

Çini mimaride kullanıldıkları yere göre farklı teknikler uygulanmıştır. Sırlı tuğla; genelde minarelerde kubbelerde görülmektedir. Düz çini daha çok iç mekanlarda duvarlarda görülür. Çini mozaik tekniği ise farklı renklerde sırlı çini parçaları geometrik veya bitkisel kompozisyonlar oluşturacak biçimde kesilerek bir araya getirilmiştir. Bu teknik, özellikle mihraplarda ve kubbe yüzeylerinde son derece etkili kompozisyonların meydana getirilmesini sağlamıştır. Lüster tekniğinde ise sırlanmış yüzey üzerine metalik özellik taşıyan bileşikler uygulanarak ikinci bir pişirim gerçekleştirilmiş ve yüzeyde metalik/parlak bir görünüm elde edilmiştir. Beyşehir Kubadabad Sarayı'nda bulunan çiniler, sıraltı ve lüster tekniklerinin Anadolu Selçuklu dönemindeki en dikkat çekici örnekleri arasında yer almaktadır.

Ahşap Süsleme, Anadolu'daki Selçukluların kullandığı ahşap işçiliğinin kökeni Orta Asya'ya dayanmaktadır. Pazırık ve Noin-Ula kazılarında elde edilen Orta Asya Türklerine ait buluntular

arasında ağaçtan oyma heykeller, dekoratif malzemeler bulunmaktadır. Bu çıkan buluntular meyilli yontma tekniği ve eğri kesim tekniğiyle yontulmuştur. Bahsedilen teknikleri yüzyıllar boyunca uygulamışlardır (Öney 1972).

Anadolu Selçuklu Döneminde ahşap işçiliği önemli bir yere sahiptir. Ahşap, mimaride yapı malzemesi olarak tavan kirişleri, sütun başlıkları, kapı ve pencere kanatlarında kullanıldığı gibi minber, kürsü, rahle, çekmece, sanduka gibi ürünlerde de kullanılmıştır. Genellikle ceviz, elma, armut, sedir, abanoz ve gül ağaçlarını kullanılmışlardır (Öney 1978).

Anadolu Selçuklu mimarisinde motifler genel olarak geometrik, bitkisel, figürlü ve yazılı motifler şeklinde sınıflandırılabilir. Bu unsurlar tek başına kullanılabildiği gibi aynı yapı üzerinde birbirleriyle bütünleşmiş biçimde de uygulanmıştır.

Geometrik motifler, İslam sanatının hâkim olduğu coğrafyalarda farklı dönem ve kültürel çevrelerde yaygın biçimde kullanılan temel bezeme unsurlarından biri olmuştur. Geometrik kompozisyonlar, mimariden el sanatlarına kadar çok çeşitli sanat ve zanaat alanlarında, farklı malzeme ve teknikler aracılığıyla uygulanmıştır. Anıtsal yapıların taçkapıları ve cephelerinden çini, tuğla ve taş bezemelere; minyatür sanatından yazma eserlerin süsleme programlarına kadar geniş bir kullanım alanına sahip olan bu düzenlemeler, İslam sanatının karakteristik estetik anlayışının oluşmasında önemli bir rol üstlenmiştir (Demiriz 2000).

Geometrik motifler, Anadolu Selçuklu sanatının en belirgin ve yaygın bezeme gruplarından biridir. Yıldız, çokgen, baklava, geçme, düğüm ve örgü sistemleri bu grubun başlıca örneklerini oluşturur. Geometrik düzenlemelerde temel amaç, belirli bir birimin tekrarlanması ve yüzeyin bütününe kapsayan ritmik bir kompozisyon meydana getirilmesidir. Özellikle sekiz köşeli yıldızlar, Anadolu Selçuklu çinilerinin karakteristik formlarındandır. Kubadabad Sarayı'nda sekiz köşeli yıldız biçimli levhalar ile dört kollu haç biçimli levhaların birbirini tamamlayacak biçimde kullanıldığı görülmektedir. Bu düzenleme sayesinde tek tek çini levhalar, daha büyük ve süreklilik gösteren bir kompozisyonun parçalarına dönüşmektedir (Bekdik 2023). Başlıca geometrik motifler; yıldız sistemleri, geçme düzenler, rozet ve küre şeklinde isimlendirilir.

Bitkisel motifler, özellikle İslam sanatının erken dönemlerinden itibaren insan ile doğa arasındaki ilişkinin sembolik bir ifadesi olarak değerlendirilmiştir. Doğadan kaynaklanan bitki, yaprak, çiçek ve dal gibi unsurlar, sanatçının estetik anlayışı doğrultusunda doğrudan gerçekçi biçimde aktarılacak yerine, biçimsel bir dönüşüm ve soyutlama sürecinden geçirilmiştir. Bu nedenle İslam sanatında bitkisel bezemeler, doğal biçimlerin birebir temsilinden ziyade, stilizasyon ve soyutlamaya dayalı kompozisyonlar şeklinde ortaya çıkmıştır. Böylece çiçek

gerçek bir çiçeği, yaprak ise doğadaki gerçek yaprağı doğrudan temsil etmekten uzaklaşarak, belirli estetik ve sembolik anlamlar taşıyan dekoratif bir forma dönüşmüştür (Kuban 1999).

Bitkisel motiflerden oluşan bezemeler, doğanın sürekliliği, yaşamın devamlılığı ve yeniden oluşum gibi kavramların sembolik ifadeleri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle taş işçiliğinde önemli bir yer tutan bitkisel süslemeler, yüzeylerde tek bir motif olarak kullanılabildiği gibi farklı bezeme unsurlarıyla birlikte ele alınarak daha karmaşık ve ritmik kompozisyonların oluşturulmasında da kullanılmıştır. Türk süsleme sanatında geniş bir kullanım alanına sahip olan bitkisel motifler, biçim ve çeşitlilik bakımından zengin bir repertuvara sahiptir ve temel kaynağını doğadaki bitkisel formlardan almaktadır. Bitkisel bezemeler zaman içerisinde mimari süsleme, taş işçiliği, çini, seramik, ahşap, metal ve yazma eser süslemeleri gibi farklı sanat alanlarında uygulanarak geleneksel tezyinat anlayışının önemli unsurlarından biri hâline gelmiştir. Doğada bulunan bitkilerin biçim, doku, hareket ve renk özelliklerinden yararlanan sanatçılar, bu unsurları doğrudan kopyalamak yerine stilize ederek dekoratif ve estetik değeri yüksek motiflere dönüştürmüşlerdir. Böylece doğadan alınan bitkisel formlar, sanatçının yorumuyla yeniden biçimlendirilmiş ve günlük yaşamdan mimari yapılara kadar geniş bir alanda kullanılan özgün süsleme öğelerine dönüşmüştür (Özsoy 2013). Başlıca bitkisel motifler ise Rûmî, Palmet, Hataî, Kıvrık dal, Yaprak Çiçek ve Stilize ağaç şeklindedir. Anadolu Selçuklu sanatının dikkat çekici özelliklerinden biri, İslam sanatında figür kullanımına ilişkin genel kabullerin aksine, bazı mimari yapılarda hayvan ve insan figürlerine yer verilmesidir. Kartal, aslan, ejder, kuş, tavşan ve çeşitli fantastik yaratıklar özellikle taş süslemelerde görülür.

Kitabeler ve kûfî, sülûs ve nesih karakterli yazılar, Anadolu Selçuklu mimarisinde hem işlevsel hem de dekoratif bir nitelik taşır. Yapının inşa tarihi, banisi veya yapının işlevi hakkında bilgi veren kitabeler, aynı zamanda mimari yüzeyin süsleme programının bir parçasıdır. Özellikle taç kapılarda yazı kuşakları, geometrik ve bitkisel motiflerle birlikte kullanılmıştır.

2.1. Anadolu Selçuklu Mimarisinde Yer Alan Motiflerin Çağdaş Seramik Formlara Yansıması

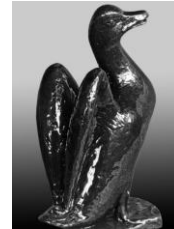
Çağdaş Türk seramik sanatçıları, mimari süslemelerde kullanılan motifleri farklı estetik yaklaşımlar ve kişisel üslupları doğrultusunda yeniden yorumlayarak seramik çalışmalarına aktarmışlardır. Bu doğrultuda, sanatçıların geleneksel motifleri ele alış biçimlerini ve çağdaş seramik formlar üzerindeki uygulamalarını ortaya koymak amacıyla çeşitli sanatçı çalışmalarına yer verilmiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda, mimari kökenli motiflerden yararlanan çok sayıda sanatçının bulunduğu belirlenmiştir. Çalışmanın kapsamı doğrultusunda,

konuya ilişkin sanat anlayışını ve motiflerin çağdaş seramikteki dönüşümünü temsil ettiği düşünülen başlıca sanatçılar ve eserler üzerinde durulmuştur.

Füreyya Koral'ın seramik anlayışında geleneksel Anadolu sanatlarının önemli bir kaynak oluşturduğu görülmektedir. Sanatçı, geçmiş dönemlere ait motifleri olduğu gibi aktarmak yerine, onları sadeleştirme, stilizasyon, soyutlama, biçim bozma ve yeniden düzenleme yoluyla çağdaş seramik diline dönüştürmüştür. Özellikle kuş figürü, Füreyya Koral'ın seramik çalışmalarında dikkat çeken figüratif unsurlardan biri olmuştur. Sanatçının kuş betimlemelerinde, Anadolu'nun geleneksel sanat mirasında yer alan figüratif anlayışın izleri görülmekte; bu figürler, doğrudan bir aktarım yerine stilizasyon ve özgün biçimlendirme yoluyla çağdaş bir seramik dili içerisinde yeniden yorumlanmaktadır. Bu bağlamda Koral'ın kuş figürüne yaklaşımı, Anadolu Selçuklu sanatında görülen kuş tasvirleriyle ilişkilendirilebilecek çağdaş bir yorum olarak değerlendirilebilir.



Görsel1. Füreyya Koral özel koleksiyon “Kuşlar”
(Bekdik 2023)



Görsel 2. Erdinç Bakla Seramik kuşlar
(Bekdik 2023)

Erdinç Bakla'nın seramik sanatındaki yaklaşımında Anadolu'nun tarihsel ve kültürel birikimi önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Sanatçının özellikle Türk çiniciliği ve geleneksel seramik sanatı üzerine gerçekleştirdiği çalışmalar, geleneksel biçim ve estetik değerlerin çağdaş seramik anlayışı içerisinde yeniden değerlendirilmesine yönelik ilgisini ortaya koymaktadır. Bakla, Anadolu kaynaklı biçim ve figürleri doğrudan aktarmak yerine, kendi sanatsal duyarlılığı doğrultusunda yeniden biçimlendirmiş ve özgün seramik formlarına dönüştürmüştür. Bu yaklaşım, Anadolu Selçuklu sanatında görülen figüratif ve bezemeci anlayışla ilişkilendirilebilir. Selçuklu sanatında insan ve hayvan figürlerinin yanı sıra kuş ve diğer stilize figürlerin çini ve mimari süslemelerde kullanıldığı bilinmektedir. Bakla'nın figüratif seramiklerinde ise geleneksel kaynaklardan hareketle oluşturulan biçimlerin çağdaş bir plastik anlayışla yeniden yorumlandığı görülmektedir. Bu açıdan sanatçının çalışmaları, Anadolu Selçuklu sanatının belirli motiflerinin birebir tekrarı olarak değil, Anadolu'nun geleneksel sanat mirasının çağdaş seramik sanatına aktarılması ve yeniden yorumlanması bağlamında değerlendirilebilir.

Hamiye Çolakoğlu'nun seramik sanatındaki yaklaşımı, Anadolu'nun tarihsel ve kültürel birikiminden beslenen çağdaş bir yorum anlayışı çerçevesinde değerlendirilebilir. Sanatçının özellikle figüratif seramiklerinde Anadolu'da geçmişten günümüze devam eden figür geleneğinden yararlandığı ve bu geleneksel birikimi çağdaş seramik teknikleriyle birleştirerek özgün biçimlere dönüştürdüğü belirtilmektedir. Çolakoğlu'nun çalışmalarında görülen kadın figürleri, kuş ve bitkisel unsurlar, Anadolu sanatının farklı dönemlerinde karşılaşılan figüratif ve bezemeci anlayışlarla karşılaştırılabilecek niteliktedir. Nitekim Anadolu Selçuklu çini ve seramik sanatında kuş, balık ve diğer hayvan figürlerinin yanı sıra bitkisel ve geometrik motiflerin yaygın biçimde kullanıldığı bilinmektedir. Sanatçının 1986 yılında tasarladığı Derman Çeşmesi'nde kuş ve çiçek motiflerine yer vermesi de bu bağlamda dikkat çekici bir örnek oluşturmaktadır. Bununla birlikte Çolakoğlu'nun eserlerindeki bu unsurların doğrudan Anadolu Selçuklu motiflerinin tekrarı olarak değil, Anadolu'nun geniş tarihsel sanat mirasının çağdaş seramik dili içerisinde yeniden yorumlanması olarak değerlendirilmesi daha uygun olacaktır.



Görsel 3. Hamiye Çolakoğlu



Görsel 4. Hakkı İzzet



Görsel 5. Vedat Kaçar

Hakkı İzzet, Anadolu'nun tarihsel seramik ve çini mirasını çağdaş seramik anlayışıyla ilişkilendiren önemli sanatçılardan biri olarak değerlendirilebilir. Sanatçının Anadolu seramik kültürüne yönelik ilgisi yalnızca sanatsal üretimleriyle sınırlı kalmamış, aynı zamanda geleneksel çini ve seramiklerin teknik ve bezeme özelliklerini araştıran çalışmalarıyla da ortaya çıkmıştır. Özellikle Mevlâna Türbesi'nin çini kaplamaları ve Anadolu Selçuklu çiniciliği üzerine gerçekleştirdiği araştırma, sanatçının Selçuklu dönemi çini sanatına yönelik doğrudan ilgisini göstermesi bakımından önemlidir. Anadolu'nun tarihsel seramik ve süsleme geleneğinin araştırılması, korunması ve çağdaş seramik anlayışı içerisinde yeniden değerlendirilmesi bağlamında ele alınabilir. Sanatçının bu yaklaşımı, geleneksel Anadolu sanatının çağdaş Türk seramik sanatına aktarılmasında önemli bir geçiş noktası oluşturmuştur. Vedat Kaçar, geleneksel Türk çini ve seramik sanatının motif ve biçim repertuarını çağdaş tasarım anlayışı içerisinde yeniden yorumlayan sanatçılardan biridir. Bunun yanı sıra Kaçar'ın akademik çalışmalarında Anadolu Selçuklu çinilerinde bulunan geometrik motifler, insan figürleri ve hayvan figürlerinin çağdaş seramik tasarımlarında değerlendirilmesine yönelik

araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle Vedat Kaçar'ın çalışmaları, Anadolu Selçuklu motiflerinin geleneksel bağlamından çıkarılarak çağdaş seramik yüzeylerine ve üç boyutlu tasarımlara aktarılması açısından önemli bir örnek oluşturmaktadır.

Sıdika Sibel Sevim, Anadolu'nun geleneksel sanat mirasını çağdaş seramik anlayışı içerisinde yeniden yorumlayan sanatçılardan biridir. Sanatçının çalışmalarında Anadolu uygarlıklarına ait kültürel değerlerden ve geleneksel çini bezeme repertuarından yararlandığı görülmektedir. Özellikle Selçuklu dönemine ait geometrik ve figüratif motifler, Sevim'in seramik formları ve yüzey düzenlemelerinde çağdaş bir anlayışla yeniden ele alınmaktadır.



Görsel 6. Sıdika Sibel Sevim



Görsel 7. Nusret Algan (Algan 2008)

Nusret Algan, Anadolu Selçuklu mimari süslemelerini çağdaş seramik tasarımlarına aktaran sanatçılardan biridir. Bu bağlamda Nusret Algan'ın çalışmaları, Anadolu Selçuklu motiflerinin çağdaş seramik sanatına aktarılmasında doğrudan bir ilişki ortaya koymaktadır. Sanatçı, tarihsel motifleri yalnızca dekoratif bir unsur olarak kullanmak yerine, onların geometrik kuruluş, tekrar, modülerlik ve sonsuzluk anlayışından yararlanarak yeni seramik kompozisyonları oluşturmuştur. Böylece Anadolu Selçuklu mimarisine ait geleneksel süsleme repertuarı, çağdaş seramiğin biçimsel ve plastik olanakları içerisinde yeniden yorumlanmıştır.



Görsel 8. Nilüfer Nazende Özkanlı

Çalışmada birbirini takip eden üçgenimsi ve çokgen formların tekrarı, yüzey üzerinde ritmik ve modüler bir düzen oluştururken, geometrik birimlerin bir araya getirilmesiyle bütüncül bir kompozisyon meydana getirilmektedir. Bu yaklaşım, Anadolu Selçuklu mimarisinde özellikle taçkapı, taş yüzey, çini ve ahşap bezemelerde görülen geometrik düzenleme anlayışıyla ilişkilendirilebilir.

3. SONUÇ

Bu araştırmada, Anadolu Selçuklu mimarisinde kullanılan motiflerin çağdaş seramik sanatına yansımaları incelenmiş; geleneksel mimari süsleme repertuarının çağdaş seramik tasarımına aktarılma olanakları, tasarım ve uygulama örnekleri üzerinden değerlendirilmiştir. Anadolu Selçuklu mimarisinin zengin süsleme anlayışını oluşturan geometrik, bitkisel, figürlü ve yazılı bezeme unsurlarının yalnızca tarihsel ve dekoratif değer taşıyan öğeler olmadığı, aynı zamanda çağdaş sanat ve tasarım üretimleri için güçlü bir görsel ve kavramsal kaynak oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tüm bu seramik sanatçıları, geçmişten günümüze bir geçişi sağlayıp seramik sanatında geleneksel unsurları kullanarak, yeni arayışlar ve ufuklara yönelmektedirler. Bu günümüz seramik sanatçılarına kendilerini ifade edebilecekleri yeni olanaklar sağlarken, çağdaş seramik sanatına biçimsel ve içerik olarak katkıları ile geleceğine ve geleneğine de yeni ve dinamik bir şekil vermektedir.

REFERENCES

- Akar, A. ve Keskiner C. (1978). Türk süsleme sanatında desen ve motif. İstanbul: Tercüman Sanat ve Kültür Yayınları.
- Algan, N. (2009). Anadolu Selçuklu dönemi mimarisi taş yüzey süslemelerinin incelenmesi ve seramik yorumları (Sanatta Yeterlik Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir.
- Arık, R. (2007). Anadolu Selçuklu sanatı ve mimarisi. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Aslanapa, O. (1984). Türk sanatı. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Bekdik, E. (2023). Anadolu selçuklu dönemi seramiklerinde kuş motifi ve günümüz seramik sanatına uyarlanması (Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Konya.
- Demiriz, Y., (2000), İslam Sanatında Geometrik Süsleme, İstanbul.
- Gündüz, L., (2002); Geleneksel El Sanatlarında Isparta ve Civarındaki Taş Yapıtlı Süslemeler, 8. El Sanatları Sempozyumu.
- Kuban, D., (1999), Divriği Mucizesi, YKY., İstanbul.
- Mülayim, S. (1998). Tanımsız figürlerin ikonografisi, Türk soylu halkların halı, kilim ve cicim sanatı. Uluslararası Bilgi Şöleni Bildirileri, 27-31 Mayıs, Kayseri, Ankara: Grafiker Yayınları.
- Mutlu, H. S., (2014), ‘‘ Toprakla Gelen Aşk Fısıltıları’’ I. Uluslararası Türk Kültürü Kongresi Bildirileri Kitabı, İstanbul, Servet ofset.
- Öney, G., (1972), Anadolu Selçuklu Mimarisinde Avı kuşlar Tek ve Çift Başlı Kartal, Malazgirt Armağanı, Ankara, TTK Yayınları Basımevi.
- Öney, G. (1978). Anadolu Selçuklu mimari süslemesi ve el sanatları. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Özkartal, M., & çavuş, E. (2024). Eşrefoğlu Seyfettin Süleyman Bey Külliyesi Çini Mozaik Bezemelerinin Seramik Formlar Üzerine Aktarımı1 Öz. The Journal of Academic Social Science, 78(78), 27-48.
- Özsoy. H. N. (2013). Tezhip Sanatında Kullanılan Bitkisel Motiflerin Kökenleri. (Yüksek Lisans Tezi). Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi. Güzel Sanatlar Enstitüsü. Geleneksel Türk Sanatları. İstanbul.
- Öztürk, M., & Samur, T. (2025). Anadolu Selçuklu Dönemi Çinilerindeki Haşhaş Motifinin Çağdaş Türk Resmine Yansımaları. Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi, 12(3), 782-798.
- Sönmeztürk, G., İşbilir, S., & Göçer, M. (2022). Selçuklu yıldız motifinin Mersin Olgunlaşma Enstitüsünde sanatsal tasarımlara yansımaları. Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(1), 48-60.

- Tuluk, H. (2008). Türk süsleme sanatları içinde metal sanatı. İstanbul: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Yıldız, N., & Mercin, L. (2023). Anadolu Selçuklu Taçkapılarında Yer Alan Motiflerin Sofra Seramiği Yüzey Tasarımlarına Yansımasının İncelenmesi. Medeniyet Sanat Dergisi, 9(1), 175-196.
- Yıldız, N., Hancı, D., Arslan, M., & Erzincan, A. (2025). Anadolu'da Kapı Kavramının Divriği Ulu Camii Taç Kapıları Örneği Üzerinden İncelenerek Tasarım Ögesi Olarak Endüstriyel Sofra Seramiklerinde Kullanımı. D-Sanat, 1(9), 166-184.

AYAREVİ NUMUNE HAZIRLAMA İŞLEMLERİNDE HNO₃ KAYNAKLI ASİDİK YÜKÜN KONTROLÜ: YIKAMA KULESİ pH DAVRANIŞI VE NUMUNE BAZLI ALKALİ TÜKETİMİNİN SAHA VERİLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Fatih TURAN

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir

ORCID ID: 0000-0002-9969-0405

ÖZET

Ayarevi laboratuvarlarında nitrik asitle yürütülen numune çözündürme işlemleri sırasında HNO₃ buharı, asidik aerosol ve reaksiyon koşullarına bağlı olarak oluşabilecek azot oksitleri (NO_x) yıkama kulelerinde değişken bir asidik yük meydana getirebilmektedir. Bu çalışmada, gerçek işletme koşullarında çalışan iki nötralizasyon/yıkama kulesinin (SCR-01 ve SCR-02) pH davranışı rutin kontrol kayıtları üzerinden değerlendirilmiştir. Her numune iki kademedede toplam 100 mL HNO₃ (50 mL %23 + 50 mL %33) ile işleme alınmış ve numune başına teorik HNO₃ kullanımı yaklaşık 0,52 mol olarak hesaplanmıştır. Yoğun işlem yükü altında çalışan SCR-01 kulesinde pH değerinin 8–9 aralığına gerilediği, %35 NaOH ilaveleri sonrasında ise 10–11 hedef aralığına yeniden ulaştığı belirlenmiştir. İzleme döneminde SCR-01 hattında toplam 360 numune işlenmiş ve 1700 mL %35 NaOH ilavesi kaydedilmiştir. Buna göre numune başına operasyonel alkali tüketimi yaklaşık 4,7 mL/numune olarak hesaplanmıştır. Bu değer, teorik HNO₃ miktarının tamamının NaOH ile 1:1 molar oranda nötralize edildiği varsayımsal üst sınır için hesaplanan yaklaşık 43 mL/numune değerinin yaklaşık %11'ine karşılık gelmektedir. Bununla birlikte, gaz fazındaki HNO₃ ve NO_x türleri ile başlangıç tampon kapasitesi ayrı ayrı ölçülmediğinden, söz konusu oranın buharlaşan HNO₃ fraksiyonunu veya yıkama kulesinin giderim verimini doğrudan temsil etmediği; yalnızca gözlenen ek alkali gereksiniminin teorik maksimum eşdeğere göre göreceli büyüklüğünü gösterdiği düşünülmektedir. Daha düşük işlem yükü altında çalışan SCR-02 kulesinde pH 10–11 aralığında kararlı kalmış ve NaOH ilavesine ihtiyaç duyulmamıştır. Elde edilen bulgular, pH ve kimyasal besleme kayıtlarının numune trafiğiyle birlikte değerlendirilmesinin, yıkama kulesinin alkali gereksiniminin izlenmesi ve müdahale zamanının öngörülmesi açısından uygulanabilir bir işletme yaklaşımı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar kelimeler: ayarevi; asit buharı kontrolü; yaş yıkayıcı (scrubber); nötralizasyon; pH izleme; nitrik asit; NO_x; alkali tüketimi

**CONTROL OF HNO₃-DERIVED ACIDIC LOAD IN ASSAY LABORATORY
SAMPLE PREPARATION: EVALUATION OF SCRUBBER TOWER PH
BEHAVIOR AND SAMPLE-BASED ALKALI CONSUMPTION USING FIELD
DATA**

ABSTRACT

During nitric acid-based sample dissolution procedures in assay laboratories, HNO₃ vapor, acidic aerosols, and nitrogen oxides (NO_x) that may form depending on reaction conditions can impose a variable acidic load on scrubber towers. In this study, the pH behavior of two neutralization/scrubber towers (SCR-01 and SCR-02) operating under actual production conditions was evaluated using routine control records. Each sample was processed in two stages with a total of 100 mL HNO₃ (50 mL 23% + 50 mL 33%), and the theoretical HNO₃ consumption per sample was calculated as approximately 0.52 mol. In the SCR-01 tower, which operated under a heavier processing load, the pH declined to the 8–9 range and returned to the 10–11 target range following 35% NaOH additions. During the monitoring period, a total of 360 samples were processed on the SCR-01 line, and 1700 mL of 35% NaOH addition was recorded. Accordingly, the operational alkali consumption per sample was calculated as approximately 4.7 mL/sample. This value corresponds to approximately 11% of the hypothetical upper-bound value of approximately 43 mL/sample, calculated on the assumption that the entire theoretical amount of HNO₃ is neutralized by NaOH at a 1:1 molar ratio. However, since the gas-phase HNO₃ and NO_x species and the initial buffer capacity were not measured separately, this ratio is not considered to directly represent the evaporated HNO₃ fraction or the removal efficiency of the scrubber tower; rather, it is regarded as indicating the relative magnitude of the observed additional alkali requirement with respect to the theoretical maximum equivalent. In the SCR-02 tower, which operated under a lower processing load, the pH remained stable within the 10–11 range and no NaOH addition was required. The findings suggest that evaluating pH and chemical feed records together with sample traffic can provide a practicable operational approach for monitoring the alkali requirement of the scrubber tower and for anticipating the timing of intervention.

Keywords: assay laboratory; acid vapor control; wet scrubber; neutralization; pH monitoring; nitric acid; NO_x; alkali consumption

DİSK FREN ROTORLARINDA HAFİF ALTERNATİF MALZEMELERİN TERMOMEKANİK PERFORMANS AÇISINDAN İNCELENMESİ

Arş. Gör. Fatma Sedef Şavlı

¹ Hasan Kalyoncu University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 27010 Şahinbey/Gaziantep

²Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 35390 Buca, İzmir

ORCID ID: 0009-0004-0037-3744

Prof. Dr. Evren Meltem Toygar

Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 35390 Buca, İzmir

ORCID ID: 0000-0002-1015-0737

ÖZET

Otomotiv endüstrisinde araç kütlesinin azaltılmasına yönelik artan gereksinimler ve emisyon standartları, fren sistemlerinde yaygın olarak tercih edilen geleneksel gri dökme demir disk fren rotorlarına alternatif hafif ve yüksek performanslı malzemelerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda, alüminyum ve titanyum esaslı gelişmiş malzemeler disk fren rotoru uygulamaları için öne çıkmakla birlikte, farklı hafif malzeme alternatiflerinin aynı rotor geometrisi ve birebir aynı termomekanik yükleme koşulları altında bütüncül performanslarının değerlendirildiği karşılaştırmalı çalışmalar literatürde sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada; geleneksel gri dökme demir, alüminyum metal matris kompoziti (Al-MMC) ve Ti6Al4V alaşımının disk fren rotoru uygulamalarındaki termomekanik performansları sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak detaylı ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sayısal analizler ANSYS Workbench yazılım ortamında gerçekleştirilmiş; kararlı durum termal, zamana bağlı termal ve statik yapısal analiz modülleri birbirine entegre edilerek düşük, orta ve yüksek frenleme koşullarını temsil eden senaryolar altında maksimum sıcaklık, eşdeğer Von Mises gerilmesi, toplam deformasyon ve elastik birim şekil değiştirme davranışları ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, Al-MMC rotorun yüksek ısı iletkenlik kabiliyeti sayesinde termal başarımlar açısından en etkili malzeme alternatifi olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Ti6Al4V alaşımının mekanik ve termal performansını daha üst seviyeye taşımak amacıyla, titanyum borür takviyeli Ti6Al4V-TiB₂ kompozitinin etkin malzeme özellikleri analitik modeller kullanılarak belirlenmiş, ANSYS ortamında yeni bir malzeme modeli olarak tanımlanmış ve mevcut rotor malzemeleri ile aynı sınır şartları altında değerlendirilmiştir. Önerilen Ti6Al4V-TiB₂ kompozit malzeme modeli, Ti6Al4V alaşımına kıyasla maksimum sıcaklıkta yaklaşık %16, eşdeğer Von Mises gerilmesinde %33, toplam deformasyonda %10,6 ve elastik birim şekil değiştirmede %57,6 oranında belirgin bir iyileşme sağlamıştır. Elde edilen bulgular, analitik olarak tanımlanan Ti6Al4V-TiB₂ kompozit malzeme

modelinin hafif disk fren rotoru tasarımlarında değerlendirilmeye uygun, yüksek dayanımlı ve yenilikçi bir alternatif olduğunu ve literatürdeki bilgi birikimine katkı sunduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Disk Fren Rotor, Sonlu Elemanlar Analizi, Kompozit Malzemeler, Termomekanik Analiz

INVESTIGATION OF LIGHTWEIGHT ALTERNATIVE MATERIALS IN DISC BRAKE ROTORS IN TERMS OF THERMOMECHANICAL PERFORMANCE ABSTRACT

Increasing requirements for vehicle mass reduction and stringent emission standards in the automotive industry have made the development of lightweight, high-performance alternative materials to conventional grey cast iron brake disc rotors mandatory. Although advanced aluminum- and titanium-based materials stand out for brake rotor applications, comprehensive comparative studies evaluating the coupled performance of different lightweight materials under identical rotor geometry and identical thermomechanical loading conditions remain limited in the literature. In this study, the thermomechanical performances of traditional grey cast iron, aluminum metal matrix composite (Al-MMC), and Ti6Al4V alloy in disc brake applications were comprehensively investigated using the finite element method. Coupled steady-state thermal, transient thermal, and static structural analyses were performed within the ANSYS Workbench environment to evaluate maximum temperature, equivalent Von Mises stress, total deformation, and elastic strain under low, medium, and high braking scenarios. The numerical results demonstrated that the Al-MMC rotor achieved superior thermal performance due to its high thermal conductivity capability. Furthermore, to enhance the mechanical and thermal performance of the Ti6Al4V alloy, the effective material properties of a titanium boride reinforced Ti6Al4V–TiB₂ composite were analytically determined, implemented as a novel material model in ANSYS, and evaluated under identical boundary conditions. The proposed composite material model achieved performance improvements of approximately 16% in maximum temperature, 33% in equivalent Von Mises stress, 10.6% in total deformation, and 57.6% in elastic strain compared to the conventional Ti6Al4V alloy. The findings demonstrate that the analytically defined Ti6Al4V–TiB₂ composite serves as an innovative lightweight alternative providing enhanced thermomechanical durability for brake disc applications while contributing valuable scientific data to the literature.

Keywords: Disc Brake Rotor, Finite Element Analysis, Composite Materials, Thermomechanical Analysis.

SIRA ZAYIF SÜREKLİ OPERATÖRLER

Dr. Gül Sinem KELEŞ TOKER

Gazi University, Department of Mathematics, 06560, Ankara Turkey

ORCID ID: 0000-0001-5712-239X

Prof. Dr. Birol ALTIN

Gazi University, Faculty of Science, Department of Mathematics, 06560, Ankara Turkey

ORCID ID: 0000-0002-1085-809X

ÖZET

Jalili ve arkadaşları 2021 yılında ‘Order-to-topology continuous operators’ isimli makalede sıra zayıf sürekli operatör sınıfını tanımladılar. E bir Riesz uzayı, F bir normlu Riesz uzayı ve $T: E \rightarrow F$ bir operatör olsun. Eğer her $(x_\alpha) \subseteq E$ neti için $x_\alpha \xrightarrow{o} 0$ iken $T(x_\alpha) \xrightarrow{w} 0$ sağlanıyorsa T operatörüne sıra zayıf sürekli operatör (owc operatör) denir (Jalili et al., 2021). E ’den F ’ye tanımlı sıra zayıf sürekli operatörler sınıfı ve sıra sınırlı sıra zayıf sürekli operatörler sınıfı sırasıyla $L_{owc}(E, F)$ ve $L_{owc}^b(E, F)$ ile gösterilecektir. E bir Banach örgüsü ve $(x_\alpha) \subseteq E$ bir net olsun. Eğer $x_\alpha \downarrow 0$ iken $\|x_\alpha\| \downarrow 0$ sağlanıyorsa E sıra sürekli norma sahiptir denir (Aliprantis & Burkinshaw, 2006). Bu çalışmada, E bir Riesz uzayı, F topolojik duali ayıran latis operasyonları sürekli Dedekind tam solid Riesz uzayı iken sıra sınırlı sıra zayıf sürekli operatör ve başka diğer operatör sınıfı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu operatörler sınıfları arasındaki incelemenin bazı sonuçları elde edilmiştir. E bir Riesz uzayı, F bir atomik Dedekind tam Banach örgüsü ve F sıra sürekli norma sahip olsun. Bu durumda $L_{owc}^b(E, F)$, $L_b(E, F)$ ’nin bir Riesz alt uzayı olduğu ispat edilmiş olup ayrıca aynı koşullar altında $L_{owc}^b(E, F)$, $L_b(E, F)$ ’nin bir ideali olduğu elde edilmiştir. Ayrıca E ve F Banach örgüsü olmak üzere $L_{owc}(E, F)$ ’nin $L(E, F)$ içinde norm kapalı olduğu ispat edilmiştir. Son olarak sıra zayıf sürekli operatörlerin bazı özellikleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sıra zayıf sürekli operatörler, sıra yakınsama, Riesz uzayı, normlu Riesz uzayı

ON ORDER WEAK CONTINUOUS OPERATORS

ABSTRACT

Jalili et al. introduced order weak continuous operators (owc operators) in 2021 their paper titled ‘Order-to-topology continuous operators’. Let E be a Riesz space and F be a normed Riesz space, an operator $T: E \rightarrow F$ is called an order weak continuous operator if $x_\alpha \xrightarrow{o} 0$ in E implies $T(x_\alpha) \xrightarrow{w} 0$ in F for each net (x_α) in E (Jalili et al., 2021). The classes of all order weak continuous operators and order bounded order weak continuous operators from E into F will be denoted by $L_{owc}(E, F)$ and $L_{owc}^b(E, F)$, respectively. Let E be a Banach lattice and

$(x_\alpha) \subseteq E$ be a net. E is said to have an order continuous norm if $\|x_\alpha\| \downarrow 0$ whenever $x_\alpha \downarrow 0$ (Aliprantis & Burkinshaw, 2006). In this study, the relationship between order bounded order weak continuous operators and a different operator class is investigated when E is a Riesz space, F is a Dedekind complete solid Riesz space with having separating topological dual and continuous lattice operations. Some results concerning these relationships are obtained. Let E be a Riesz space and F be an atomic Dedekind complete Banach lattice with order continuous norm, then $L_{owc}^b(E, F)$ is shown to be a Riesz subspace of $L_b(E, F)$, and it is also proved that $L_{owc}^b(E, F)$ is an ideal of $L_b(E, F)$ under the same conditions. Furthermore, it is proved that $L_{owc}(E, F)$ is norm closed in $L(E, F)$ where E and F are two Banach lattices. Finally, some properties of order weak continuous operators are investigated.

Keywords: Order weak continuous operators, order convergent, Riesz space, normed Riesz space

REFERENCES

- [1] Abramovich, Y., & Sirotkin, G. (2005). *On order convergence of nets*. *Positivity*, 9, 287–292.
- [2] Aliprantis, C. D., & Burkinshaw, O. (2006). *Positive operators*. Springer.
- [3] Jalili, A., Haghnejad, K., & Moghimi, M. (2021). Order-to-topology continuous operators. *Positivity*, 25, 1313–1322.
- [4] Keleş, G. S., Turan, B., & Altın, B. (2025). Order structure of order-to-topological continuous operator. *Turkish Journal of Mathematics*, 49(2), 173–184.

DEPREM YATAY-DÜŞEY SPEKTRAL ORANLARI KULLANILARAK DOĞRUSAL OLMAYAN ZEMİN DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Bilal ÖZASLAN

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Kırşehir, Türkiye

ORCID: 0000-0001-7951-1759

ÖZET

2023 Kahramanmaraş deprem dizisi, Güney Türkiye’de geniş bir alanda büyük genlikli yer hareketleri oluşturulmuş, kuvvetli yer hareketleri etkisinde doğrusal olmayan zemin davranışının değerlendirilmesinde kayıt tabanlı araştırma yöntemlerine uygulanmasına olanak sağlamıştır. Bu çalışmada, Kahramanmaraş ve çevresinde bulunan AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarından elde edilen deprem yatay-düşey spektral oranları (eHVSr) kullanılarak doğrusal olmayan zemin davranışı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, yumuşak alüvyal zeminlerden nispeten rijit zeminlere kadar geniş bir yüzeysel zemin koşulu yelpazesini temsil eden bölgesel AFAD istasyonlarından elde edilen kayıtları kapsamaktadır.

Geleneksel yaklaşımlar doğrusal olmayan davranışı çoğunlukla en büyük yer hareketi parametreleri ve Vs30 gibi basitleştirilmiş zemin göstergeleri ile ilişkilendirirken, bu çalışmada kaynak özellikleri, dalga yayılım yolu ve yerel zemin koşullarının birleşik etkilerini dikkate alan bir değerlendirme çerçevesi benimsenmiştir. Doğrusal olmayan zemin davranışı, kuvvetli yer hareketi kayıtlarından elde edilen eHVSr eğrilerinin, maksimum yer hızı (PGV) 1 cm/s’nin altında olan zayıf yer hareketi kayıtlarından oluşturulan referans eHVSr spektrumları ile karşılaştırılması yoluyla değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel metodolojik yeniliklerinden biri, tüm kayıtlara sabit süreli bir pencere uygulanması yerine, her bir kaydın kümülatif enerji içeriğine göre belirlenen enerji tabanlı ve kayda özgü S-dalgası pencerelerinin kullanılmasıdır. Bu yaklaşım, analizin baskın S-dalgası bölümüne odaklanmasını sağlarken olay öncesi gürültü ve geç varışlı dalgaların etkisini azaltmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, kayda özgü S-dalgası süresinin dikkate alınmasının doğrusal olmayan zemin davranışının yorumlanmasını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. Bulgular, doğrusal olmayan zemin davranışının yalnızca sarsıntı genliği ve yüzeysel zemin rijitliği tarafından değil, aynı zamanda çevrimsel deformasyonun süreye bağlı birikimi tarafından da kontrol edildiğini ortaya koymaktadır. Önerilen yaklaşım, ampirik yer hareketi modellerinin sınırlandırılması, bölgesel sismik tehlike modellerinin geliştirilmesi ve yerel sismik etkilerin daha doğru karakterize edilmesi yoluyla depreme dayanıklı yapı tasarımının desteklenmesi için metodolojik bir temel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: eHVSR, doğrusal olmayan zemin davranışı, DNL, S-dalgası süresi, Kahramanmaraş depremleri

NONLINEAR SITE RESPONSE ASSESSMENT USING EARTHQUAKE HORIZONTAL-TO-VERTICAL SPECTRAL RATIOS

ABSTRACT

The 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence generated large-amplitude ground motions across southern Türkiye, demonstrating the importance of record-based approaches for assessing nonlinear site response under strong shaking conditions. This study investigates the degree of nonlinearity in site response using earthquake horizontal-to-vertical spectral ratios obtained from strong-motion stations located in the Kahramanmaraş region. The dataset includes records from regional AFAD stations, representing a wide range of near-surface conditions, from soft alluvial deposits to relatively stiff sites.

Unlike conventional approaches that primarily relate nonlinear behavior to peak ground-motion parameters and simplified site proxies such as V_{s30} , this study adopts a framework that accounts for the combined effects of source characteristics, propagation path, and local site conditions. Nonlinear response is evaluated by comparing strong-motion eHVSR curves with weak-motion reference spectra derived from records with peak ground velocity lower than 1 cm/s. A key methodological component is the use of energy-based, record-specific S-wave windows selected according to the cumulative energy content of each individual record, rather than applying a fixed-duration window to all motions. This procedure focuses the analysis on the dominant S-wave portion while reducing the influence of pre-event noise and late-arriving coda waves.

The results indicate that incorporating record-specific S-wave duration improves the interpretation of the degree of nonlinearity. The findings suggest that nonlinear site response is controlled not only by shaking amplitude and near-surface stiffness but also by the duration-dependent accumulation of cyclic deformation demand. The proposed framework provides a methodological basis for constraining empirical ground-motion models, improving regional seismic hazard models, and supporting earthquake-resistant structural design through a more accurate characterization of local seismic effects.

Keywords: Earthquake HVSR; Nonlinear Site Response; Ground-Motion Duration; Site Response Analysis; Kahramanmaraş Earthquake Sequence

INTRODUCTION

Under strong ground motions, the dynamic properties of soils may vary depending on the level of strain. As shear strain increases, the shear modulus decreases while material damping increases. This process may be manifested as a reduction in predominant frequency, broadening of the spectral peak, and attenuation of amplification within certain frequency bands (Beresnev & Wen, 1996; Walling et al., 2008). Therefore, nonlinear site response cannot be adequately evaluated using individual intensity measures such as PGA or PGV alone.

In sedimentary basins, the concentration of energy within low-velocity units, basin-edge effects, sediment thickness, and lateral velocity variations can modify the amplitude, frequency content, and duration of ground motion (Bard & Bouchon, 1985; Kawase, 1996). The different site conditions represented by the stations around Kahramanmaraş provide a suitable natural laboratory for investigating station-to-station variations in site response within the same earthquake sequence.

The 6 February 2023 Mw 7.8 Pazarcık and Mw 7.5 Elbistan earthquakes and the subsequent earthquake sequence generated numerous three-component strong-motion records around Kahramanmaraş (AFAD, 2023; Sandıkkaya et al., 2024). These records, obtained at different source-to-station distances and under different Vs30 conditions, enable comparative evaluation of site response across repeated events.

The earthquake horizontal-to-vertical spectral ratio (eHVSR) is a record-based approach that enables the evaluation of predominant frequency and local amplification characteristics using horizontal and vertical Fourier amplitude spectra (Lachet & Bard, 1994; Konno & Ohmachi, 1998). While reference curves derived from weak-motion records represent approximately linear conditions, deviations of strong-motion curves from these references can be used as frequency-domain indicators of nonlinear behavior (Wen et al., 2006; Noguchi & Sasatani, 2011).

The aim of this study is to evaluate nonlinear site response observed exclusively at Kahramanmaraş stations during the 2023 earthquake sequence using eHVSR-based indicators. Vs30, PGA, PGV, DNL, predominant-frequency change, and record-specific S-wave duration are considered together to investigate the multi-parameter nature of spectral modifications in the region.

RESEARCH AND FINDINGS

Study Area, Dataset, and Station Characteristics

The study is restricted to 12 AFAD stations in the Kahramanmaraş region: 4611, 4612, 4613, 4614, 4615, 4616, 4617, 4620, 4624, 4625, 4628, and 4631. The stations represent a broad range of near-surface stiffness conditions, with V_{s30} values of approximately 186–998 m/s. Station 4628, with $V_{s30} = 186$ m/s, represents very soft alluvial conditions; stations 4624 (280 m/s), 4625 (345 m/s), and 4616 (390 m/s) represent soft-soil conditions. In contrast, V_{s30} values at stations 4611–4613 and 4617 are approximately 574–998 m/s.

A total of 98 strong-motion records were used in the Kahramanmaraş subset. The weak-motion reference was constructed from the logarithmic mean eHVSr curves of records satisfying $PGV < 1$ cm/s at the same stations. This procedure allows the low-amplitude, approximately linear response at each station to be directly compared with the response under strong ground motion.

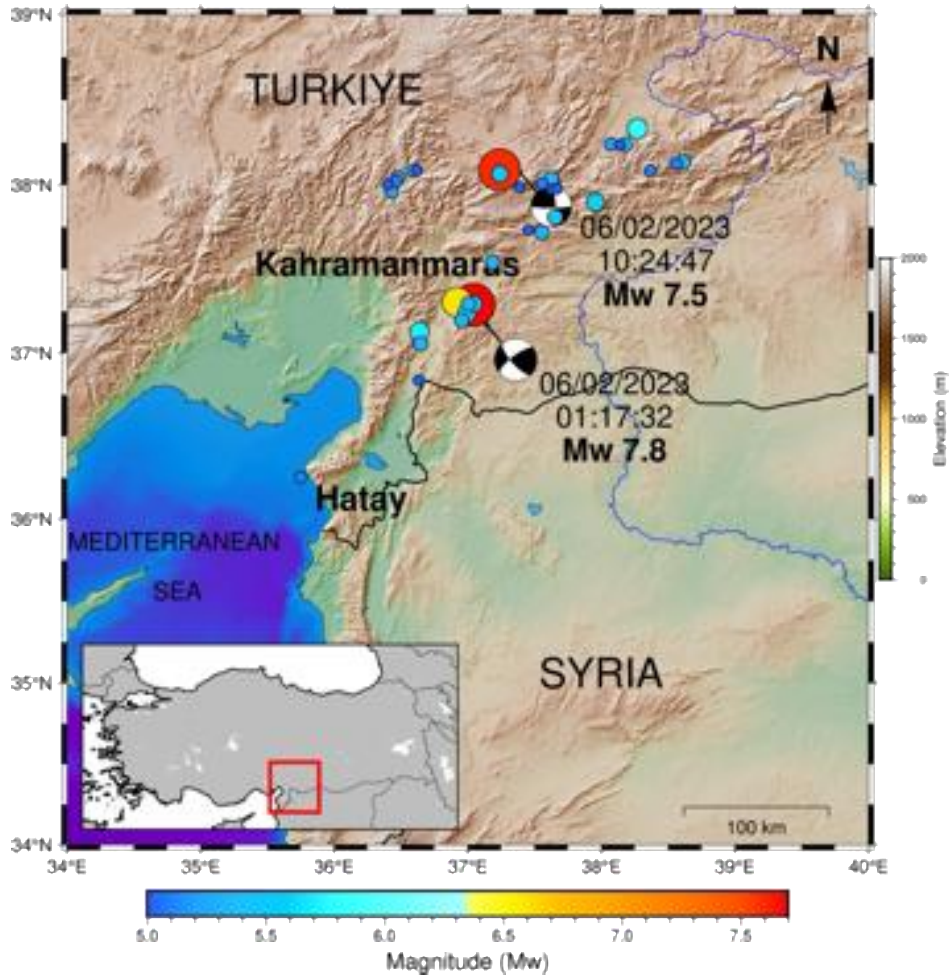


Figure 1. Regional distribution of the 6 February 2023 Türkiye earthquake doublet and the associated earthquake sequence around Kahramanmaraş.

Assessment of Nonlinear Behavior Using Proxy Parameters

In the initial assessment, the relationship between PGA and PGV/V_{s30} was examined. PGV/V_{s30} is a simple strain proxy that considers velocity demand together with near-surface soil stiffness (Chandra et al., 2016). The general trend is characterized by a more rapid increase in PGA at low proxy-strain levels and a reduced rate of increase at higher levels. This behavior is consistent with stiffness degradation and increased damping under increasing strain.

Figure 2 presents the relationship between PGA calculated from the vector combination of the horizontal components (SRSS) and the normalized velocity parameter (PGV/V_{s30}) at stations 4613, 4625, and 4628. The dashed lines represent the reference curves proposed by Chandra et al. (2016) for EC8 site classes. Station 4613, with $V_{s30} = 998$ m/s, is classified as EC8-A, whereas stations 4625 and 4628, with V_{s30} values of 345 and 186 m/s, respectively, are classified as EC8-C.

At all stations, horizontal SRSS PGA values systematically increase with increasing PGV/V_{s30} . This indicates a clear positive relationship between the normalized velocity parameter and acceleration amplitude. Observations at station 4613 show a distribution relatively close to the EC8-A reference curve, particularly at low PGV/V_{s30} values. However, as PGV/V_{s30} increases, most measured PGA values remain below the reference curve.

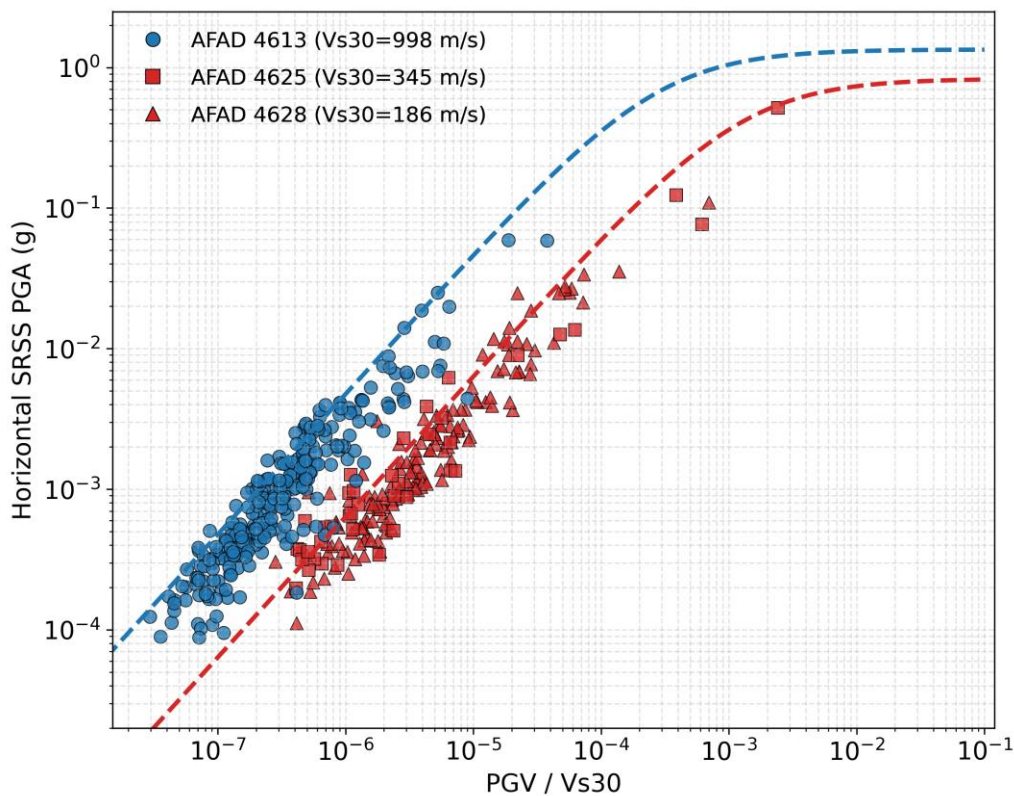


Figure 2. General relationship between PGA and PGV/V_{s30} with respect to site classes.

Although the data from EC8-C stations 4625 and 4628 generally follow the same trend, differences in scatter and amplitude are observed between the two stations. Station 4625 includes several high-amplitude records, whereas station 4628 has a larger number of observations and a broader distribution range. Despite belonging to the same site class, the lack of complete overlap between the two stations highlights the importance of factors not represented by Vs30, including the local soil profile, nonlinear site response, source-to-station distance, earthquake magnitude, propagation path, and frequency content of the records. For both site classes, a substantial proportion of the observations lie close to or below the curves of Chandra et al. (2016), indicating that the proposed relationship generally overpredicts the horizontal SRSS PGA values for this dataset.

Record-Specific eHVSr Processing Procedure

The acceleration records were linearly detrended, cosine tapered, zero padded, and filtered using a zero-phase Butterworth band-pass filter over the 0.5–20 Hz frequency range. A constant-NFFT approach was used for the Fourier amplitude spectra to preserve identical frequency sampling despite variable window lengths.

For each record, the S-wave window was determined from the cumulative energy of the horizontal components, and the interval between 5% and 75% of the total energy was selected as the analysis window. This approach focuses on the dominant S-wave energy while reducing the influence of pre-event noise and late coda waves; at the same time, it directly incorporates the duration of energy-carrying shaking into the analysis (Trifunac & Brady, 1975).

The horizontal spectrum was defined by the vector combination of the Fourier amplitude spectra of the two horizontal components, and the eHVSr was calculated as the ratio of the horizontal spectrum to the vertical spectrum. The spectra were smoothed using a Parzen window with a bandwidth of 0.4 Hz, and the weak-motion mean at each station was used as the reference response.

Kahramanmaraş eHVSr Results

The eHVSr curves at the Kahramanmaraş stations show marked differences in predominant frequency, peak amplitude, and spectral shape. Sharp single-peaked curves may indicate distinct impedance contrasts, whereas broad or multi-peaked curves may be associated with more complex stratification, deeper velocity contrasts, and basin-controlled wave propagation. Comparison of the weak- and strong-motion mean curves reveals strong-shaking-related spectral modifications at many stations. At some stations, the shift of the strong-motion curve toward lower frequencies is consistent with period elongation associated with a reduction in

effective shear stiffness. At other stations, the modification is expressed as a decrease or increase in peak amplitude and broadening of the spectral peak. Therefore, nonlinear behavior should be evaluated not only in terms of frequency shift but also together with changes in amplitude and bandwidth.

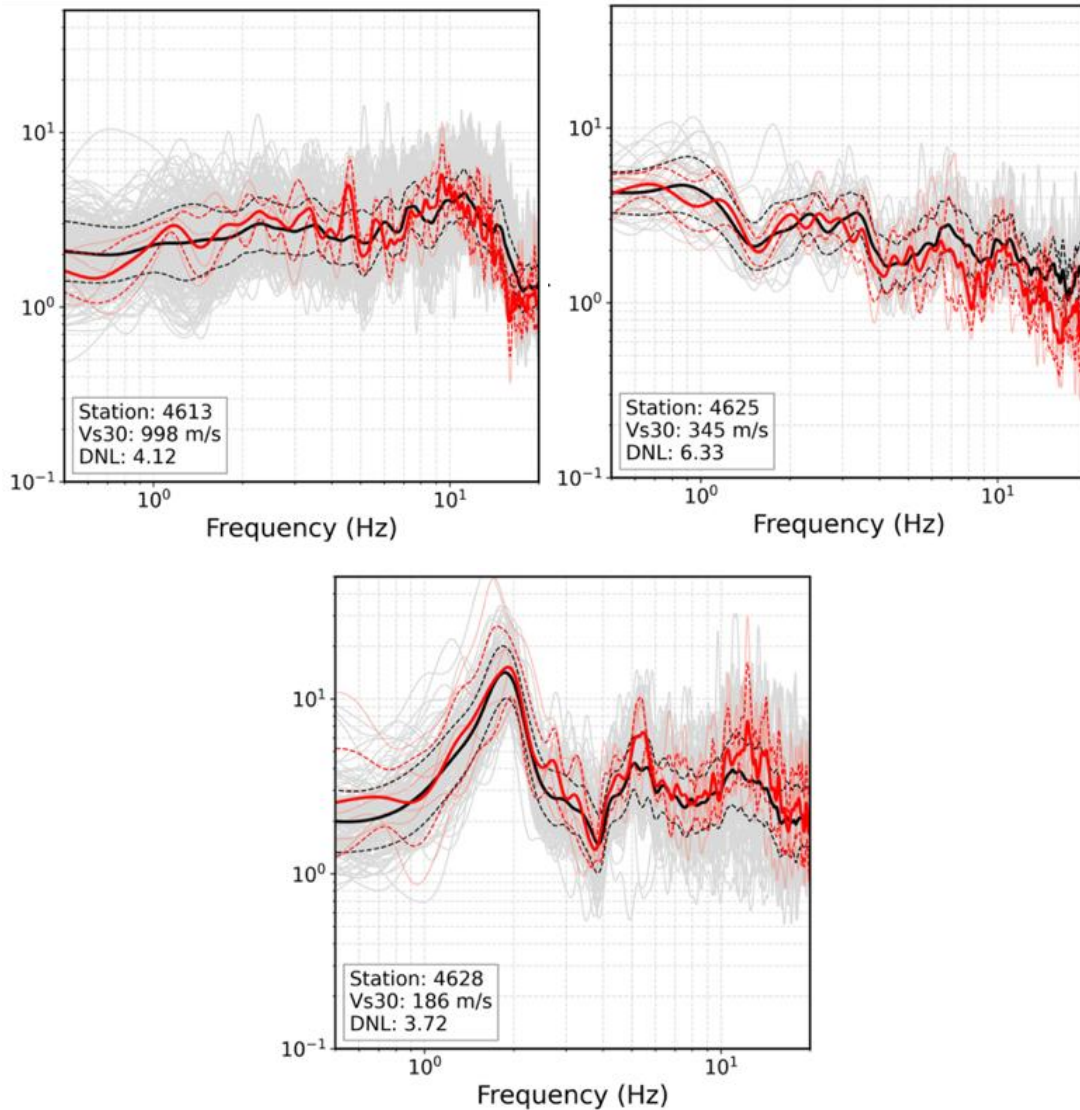


Figure 3. Comparison of eHVSR curves obtained from weak- and strong-motion records at the Kahramanmaraş stations.

Degree of Nonlinearity and Frequency Shift

DNL represents the cumulative logarithmic spectral difference between the strong-motion eHVSR curve and the station-specific weak-motion reference over the 0.5–20 Hz frequency band. A value of approximately $DNL = 4$ was considered a practical threshold for significant nonlinear spectral modification (Noguchi & Sasatani, 2011). Changes in predominant frequency were additionally examined using the PFS parameter.

Among the Kahramanmaraş stations, station 4616 exhibits strong spectral modification with $DNL = 7.19$ and $PFS \approx 24.82\%$. At station 4624, where $V_{s30} = 280$ m/s, $DNL = 6.73$ and $PFS \approx 39.90\%$, indicating a pronounced tendency toward period elongation. At station 4614, a substantial change in predominant frequency is observed despite the higher near-surface stiffness, demonstrating that nonlinear response is not restricted to low- V_{s30} conditions.

Table 1. DNL and PFS values calculated for the investigated stations.

Station	V_{s30} (m/s)	N weak	N strong	f_p (Hz) weak	f_p (Hz) strong	A_0 weak	A_0 strong	DNL	PFS (%)	A_0 ratio
4613	998	254	4	11.23	9.40	4.49	5.73	4.12	16.30	1.28
4625	345	35	5	0.85	0.66	4.71	4.77	6.33	22.86	1.01
4628	186	142	6	1.86	1.90	14.15	15.18	3.72	-2.63	1.07

Effect of S-Wave Duration on DNL–Intensity Relationships

For the 98 strong-motion records from Kahramanmaraş, positive but scattered relationships were obtained between DNL and both PGA and PGV. When only the intensity measure and V_{s30} were used, the correlation coefficient was $R = 0.67$ for the PGA-based relationship and $R = 0.55$ for the PGV-based relationship. The scatter, particularly in the PGV relationship, shows that records with similar velocity amplitudes may produce different spectral modifications because of differences in duration and frequency content, as illustrated in Figure 4.

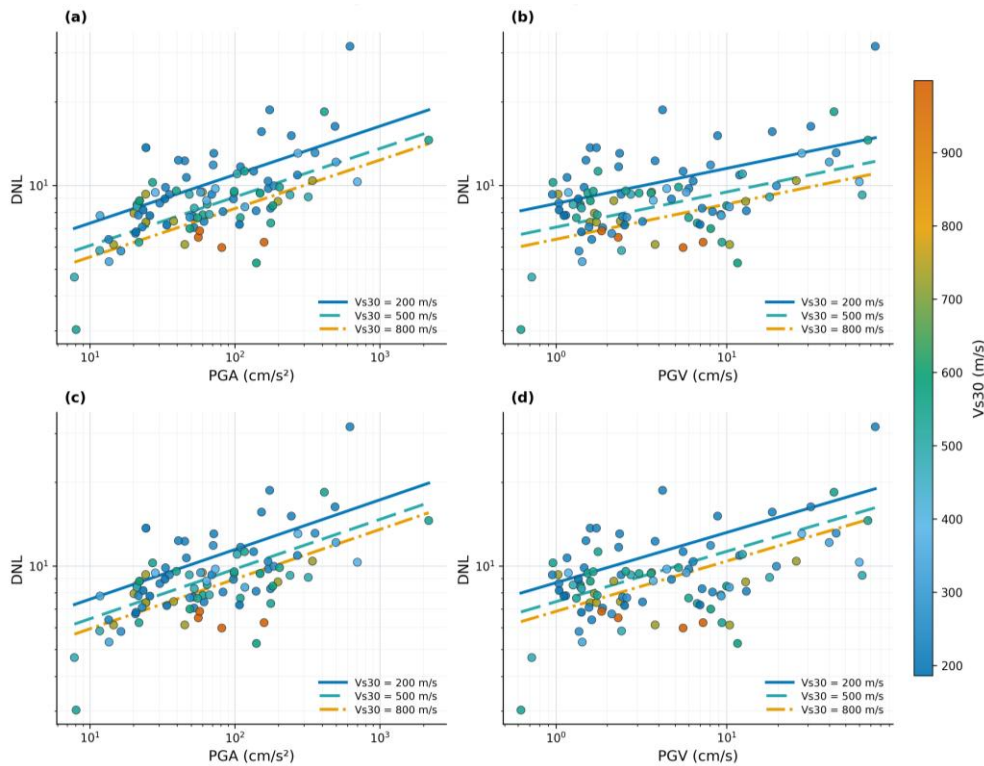


Figure 4. Relationships of DNL with PGA and PGV for the Kahramanmaraş region: (a–b) models without S-win and (c–d) models including S-win. Colors represent V_{s30} values, while the lines show model predictions for $V_{s30} = 200, 500$, and 800 m/s.

When record-specific S-wave duration was incorporated into the model, the correlations increased to $R = 0.72$ for PGA and $R = 0.71$ for PGV. Both relationships are statistically significant. The pronounced improvement, particularly for the PGV-based model, demonstrates that the duration of energy-carrying motion is an important physical variable for explaining nonlinear spectral modification.

This result supports the interpretation that nonlinear site response is not governed solely by instantaneous peak demand. Longer effective S-wave durations may lead to greater accumulation of cyclic deformation; the associated stiffness degradation and increase in damping may intensify the frequency and amplitude changes observed in the eHVSr curves. Therefore, in regions such as Kahramanmaraş, where basin effects are pronounced, considering duration together with peak ground-motion measures provides a more physically based framework.

CONCLUSION

In this study, the evaluation was restricted to 12 AFAD strong-motion stations in the Kahramanmaraş region. The stations represent a wide range of site conditions, from very soft alluvial deposits to stiff sites, with V_{s30} values of approximately 186–998 m/s. The 98 strong-motion records in the Kahramanmaraş subset were compared with weak-motion references satisfying $PGV < 1$ cm/s.

The eHVSr results show that strong shaking produces predominant-frequency shifts, amplitude changes, and peak broadening at many stations. High DNL values at stations 4616 and 4624 indicate pronounced spectral modification. Nevertheless, the differences among stations demonstrate that nonlinear response cannot be explained by V_{s30} alone.

The principal methodological contribution of the study is the use of a record-specific window based on the 5–75% cumulative-energy interval rather than applying a fixed S-wave duration to all records. For the Kahramanmaraş dataset, incorporating this duration variable increased the DNL–PGA correlation from $R = 0.67$ to 0.72 and the DNL–PGV correlation from $R = 0.55$ to 0.71. This result indicates that cyclic demand accumulated over the duration of energy-carrying shaking plays an important role in the development of nonlinear site response.

Consequently, the assessment of nonlinear site response in the Kahramanmaraş basin should consider conventional indicators such as PGA, PGV, and V_{s30} together with eHVSr-based DNL, predominant-frequency change, and record-specific S-wave duration.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the TÜBİTAK 2219 International Postdoctoral Research Fellowship Program, which supported the author's postdoctoral research activities at the Tokyo Institute of Technology. The author gratefully acknowledges the Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) for providing the strong-motion records used in this study.

REFERENCES

- AFAD. (2023). Türkiye Strong Motion Database. Disaster and Emergency Management Authority, Ankara.
- Bard, P. Y., & Bouchon, M. (1985). The two-dimensional resonance of sediment-filled valleys. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75, 519–541.
- Beresnev, I. A., & Wen, K. L. (1996). Nonlinear soil response: A reality? *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86(6), 1964–1978.
- Chandra, J., Guéguen, P., & Bonilla, L. F. (2016). PGA-PGV/Vs considered as a stress-strain proxy for predicting nonlinear soil response. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 85, 146–160. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.03.020>
- Kawase, H. (1996). The cause of the damage belt in Kobe: “The basin-edge effect,” constructive interference of the direct S-wave with the basin-induced diffracted/Rayleigh waves. *Seismological Research Letters*, 67(5), 25–34.
- Konno, K., & Ohmachi, T. (1998). Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88, 228–241.
- Lachetl, C., & Bard, P. Y. (1994). Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's technique. *Journal of Physics of the Earth*, 42(5), 377–397.
- Noguchi, S., & Sasatani, T. (2011). Nonlinear soil response and its effects on strong ground motions during the 2003 Miyagi-Oki intraslab earthquake. *Zisin*, 63(3), 165–187. <https://doi.org/10.4294/zisin.63.165>
- Ozaslan, B., Iyisan, R., Hasal, M. E., Khanbabazadeh, H., & Yamanaka, H. (2022). Assessment of the design spectrum with aggravation factors by 2D nonlinear numerical analyses: A case study in Gemlik Basin, Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20, 1371–1395.
- Ozaslan, B., Yamanaka, H., Tsuno, S., & Yamada, N. (2026). Physics-based simulations of the foreshock and aftershock of the February 6, 2023 Türkiye earthquakes and ground motion validation. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 24, 1905–1930. <https://doi.org/10.1007/s10518-025-02360-1>
- Sandikkaya, M. A., Güryuva, B., Kale, Ö., Okçu, O., İçen, A., Yenier, E., & Akkar, S. (2024). An updated strong motion database of Türkiye (SMD-TR). *Earthquake Spectra*, 40(1), 847–870.
- Trifunac, M. D., & Brady, A. G. (1975). A study on the duration of strong earthquake ground motion. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 65(3), 581–626.
- Walling, M., Silva, W., & Abrahamson, N. (2008). Nonlinear site amplification factors for constraining the NGA models. *Earthquake Spectra*, 24(1), 243–255.
- Wen, K. L., Chang, T. M., Lin, C. M., & Chiang, H. J. (2006). Identification of nonlinear site response using the H/V spectral ratio method. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 17(3), 533–546.

WILLAN DOĞRUSU YÖNTEMİYLE TEK SİLİNDİRLİ DİZEL MOTORUNDA MEKANİK KAYIPLARIN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Coşkun BAYRAM

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 61830 Of, Trabzon

ORCID ID: 0000-0003-0882-6483

Prof. Dr. Orhan DURGUN

Avrasya Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 61250, Yomra, Trabzon

ORCID ID: 0000-0001-6381-0690

ÖZET

İçten yanmalı motorların silindirleri içerisindeki gazların yapmış oldukları işin tamamı motor milinden yararlı iş olarak elde edilemez. Bu işin bir bölümü motor içindeki sürtünmelere, pompalama kayıplarına ve motor yardımcı donanımlarına harcanır. Mekanik sürtünmelere, pompalama kayıplarına ve yardımcı donanımlara harcanan toplam iş; mekanik kayıplar işi olarak adlandırılmaktadır. Motordaki mekanik kayıplar ve mekanik verim, motorların geliştirilmesinde ve tasarımında önemli bir konudur. Çünkü kullanıcıların daha iyi yakıt ekonomisi istekleri ve günümüzde git gide daha sıkı duruma getirilen kirletici madde emisyon yönetmelikleri, içten yanmalı motorların düşük emisyonlu ve yüksek verimli olarak üretilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışmada; içten yanmalı motorlarda mekanik kayıplara karşı gelen mekanik kayıplar ortalama basıncının ve mekanik verimin belirlenmesine yönelik deneysel ve teorik çalışmalar yapılarak değişken sıkıştırma oranlı tek silindirli dizel motorunda mekanik kayıpların belirlenmesi ve genel bir bağıntının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Mekanik kayıpları belirleyen yöntemlerden biri olan Willan Doğrusu yönteminden yararlanıldı. Deneyler 16, 18, 20, 22 ve 24 sıkıştırma oranlarında ve her bir sıkıştırma oranında 1000, 1200, 1400 ve 1600 d/dak devir sayılarında gerçekleştirildi. Willan Doğrusu yüksüz koşullardaki mekanik kayıpları belirleyen bir yöntem olduğundan; ayrıca motor yükünün mekanik kayıplar üzerindeki etkisi deneylerin yapıldığı koşullar altında tek bölgesel yanma modeline dayalı motor çevrim hesapları yapılarak incelendi. Willan Doğrusu yönteminin uygulanmasında elde edilen mekanik kayıplar ortalama basıncı değerlerinin sıkıştırma oranına ve ortalama piston hızına göre değişimlerine; çeşitli eğriler uydurularak tek silindirli dizel motorunda yüksüz koşullar altında mekanik kayıplar ortalama basıncı için bir bağıntı geliştirildi. Ayrıca mekanik kayıplar ortalama basınçlarının; motor çevrim hesaplarından elde edilen (ortalama indike basıncı)/(yüksüz koşullardaki mekanik kayıplar ortalama basıncı) oranına göre değişimlerine uygun korelasyon geliştirilerek, tek silindirli dizel motorunda yüklü koşullar altında mekanik kayıplar ortalama basıncı için bir bağıntı geliştirildi.

Bu iki bağıntının birleştirilmesi ile tek silindirli dizel motorundaki mekanik kayıplar ortalama basıncı için genel bir bağıntı elde edildi. Literatürdeki mevcut bazı ampirik bağıntılardan elde edilen mekanik kayıplar ortalama basınç değerleri karşılaştırıldı. Deney motoru için Kolchin'nin ve Heywood'un vermiş olduğu deneysel bağıntıların yetersiz kaldığı belirlendi. Millington ve Hartles bağıntısının deneylerden elde edilen verilere oldukça yakın değerler verdiği görüldü.

Anahtar kelimeler : Mekanik Kayıplar, Mekanik Verim, Mekanik Kayıplar Ortalama Basıncı, Willan Doğrusu

DETERMINATION OF MECHANICAL LOSSES IN A SINGLE-CYLINDER DIESEL ENGINE USING THE WILLAN'S LINE METHOD

ABSTRACT

Not all the work produced by the gases within the cylinders of internal combustion engines can be obtained as useful work at the crankshaft. A portion of this work is consumed by mechanical friction, pumping losses, and auxiliary engine components. The total work expended on mechanical friction, pumping losses, and auxiliary equipment is defined as mechanical loss work. Mechanical losses and mechanical efficiency represent critical topics in engine design and development. This is because consumer demand for improved fuel economy, combined with increasingly stringent pollutant emission regulations, necessitates the production of low-emission, high-efficiency internal combustion engines. In this study, experimental and theoretical investigations were conducted to determine the mechanical loss mean effective pressure and mechanical efficiency in internal combustion engines. The objective was to determine the mechanical losses in a single-cylinder diesel engine with a variable compression ratio and to develop a general correlation. The Willan's Line method, one of the techniques for determining mechanical losses, was utilized. Experiments were conducted at compression ratios of 16, 18, 20, 22, and 24, and at engine speeds of 1000, 1200, 1400, and 1600 rpm for each compression ratio. Since the Willan's Line is a method used to determine mechanical losses under no-load conditions, the effect of engine load on mechanical losses was also examined through engine cycle calculations based on a single-zone combustion model under the experimental conditions. By fitting various curves to the variations of mechanical loss mean effective pressure values (obtained using the Willan's Line method) with respect to the compression ratio and mean piston speed, a correlation for mechanical loss mean effective pressure under no-load conditions was developed for a single-cylinder diesel engine. Furthermore, by establishing a suitable correlation for the variation of mechanical loss mean effective pressures relative to the ratio of (indicated mean effective pressure) / (mechanical loss mean effective pressure under no-load conditions) derived from engine cycle calculations, a

correlation for mechanical loss mean effective pressure under loaded conditions was developed. By integrating these two correlations, a general correlation for the mechanical loss mean effective pressure in a single-cylinder diesel engine was obtained. Mechanical loss mean effective pressure values obtained from existing empirical correlations in the literature were also compared. It was determined that the experimental correlations provided by Kolchin and Heywood were insufficient for the test engine, whereas the Millington-Hartles correlation yielded values very close to the experimental data.

Keywords: Mechanical Losses, Mechanical Efficiency, Mechanical Loss Mean Effective Pressure, Willan's Line

1.GİRİŞ

Otomobillerdeki içten yanmalı motorlarda üretilen gücün tamamı, ya yol ile taşıt tekerleri arasındaki dirence ve rüzgâr direncine ya da iletimdeki ve motordaki mekanik sürtünmelere, pompalama kayıplarına ve motor yardımcı donanımlarındaki mekanik sürtünmelere harcanmaktadır. Mekanik sürtünmelere, pompalama kayıplarına ve yardımcı donanımlara harcanan toplam iş; mekanik kayıplar işi olarak adlandırılmaktadır.

Pompalama işi (W_{pompa}), emme ve eksoz strokları boyunca her bir çevrimde piston tarafından silindir içindeki gazlar üzerinde yapılan net işe yani dolgu değişimi işine denir.

Sürtünme işi ($W_{\text{sürt.}}$), motor içinde birbirine değen parçaların bağlı hareketlerinden kaynaklanan sürtünmeleri karşılamak için her bir çevrimde harcanan işe denir.

Yardımcı Donanımlar işi ($W_{\text{yar. don.}}$), su pompası, yağ pompası, fan, generatör gibi motor yardımcı donanımlarını çalıştırmak için her bir çevrimde gerekli olan işe denir ve normal olarak motorun çalışması için gerekli olan tüm yardımcı donanımlara harcanan işi içerir.

Yukarıda tanımları yapılan işlerin toplamına *mekanik kayıplar işi* (W_m) denir ve

$$W_m = W_{\text{pompa}} + W_{\text{sürt.}} + W_{\text{yar. don.}} \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Silindir içinde elde edilen toplam iş (indike işin) W_i 'nin tamamı motor milinden yararlı iş olarak alınamaz. Motor milinden elde edilen net iş W_e efektif işi olarak tanımlanırsa mekanik kayıplar işi;

$$W_m = W_i - W_e$$

(2)

şeklinde de tanımlanabilir.

Literatürde içten yanmalı motorlarda çeşitli iş kavramları yerine, genellikle bunlara karşı gelen, ortalama basınç kavramları kullanılır. Her bir çevrimde yapılan iş, strok hacmine bölünerek bu işin karşılığı olan ortalama basınç bulunur. Mekanik kayıplar işine karşılık gelen ortalama

basınca *mekanik kayıplar ortalama basıncı* denir ve $P_{m,m}$ ile gösterilir. Her bir çevrimde yapılan toplam mekanik kayıplar işi motor strok hacmine bölünerek mekanik kayıplar ortalama basıncı

$$P_{m,m} = \frac{W_m}{V_h}$$

(3) şeklinde bulunur. Burada, W_m mekanik kayıplar işi ve V_h strok hacmidir. Bu tanım kullanılarak benzer şekilde *ortalama indike basınç* (P_{mi}) ve *ortalama efektif basınç* (P_{me}) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P_{mi} = \frac{W_i}{V_h}$$

$$(4) P_{me} = \frac{W_e}{V_h} \quad (5)$$

Eşitlik 2'nin her iki taraf V_h strok hacmidir bölünürse mekanik kayıplar ortalama basıncı için

$$P_{m,m} = P_{mi} - P_{me} \quad (6)$$

şeklinde bir bağıntı da elde edilmiş olur.

Bir motorda mekanik kayıplar işi: tam yükte silindir içindeki gazların yapmış olduğu işin (indike işin) yaklaşık $\%(10 \div 20)$ 'sine, rölantide veya yüksüz durumda ise tamamına eşittir (Heywood 1988). Silindir içinde elde edilen toplam işin yani W_i indike işinin tamamı motor milinden yararlı iş olarak alınamaz. Başka bir anlatımla burada bir iş kaybı yani güç kaybı oluşur. Bu güç kaybı, mekanik kayıplara harcanmaktadır ve *mekanik verim* (η_m) ile göz önüne alınabilir. Mekanik verim motor milinde elde edilen net işin yani W_e efektif işinin silindir içindeki gazların yapmış olduğu toplam işe yani W_i indike işine oranı olarak tanımlanabilir. O halde

$$\eta_m = \frac{W_e}{W_i}$$

(7)

yazılabilir. Eşitliğin pay ve paydası V_h strok hacmine bölünerek mekanik verim, ortalama basınçlar cinsinden

$$\eta_m = \frac{P_{me}}{P_{mi}}$$

(8)

şeklinde de gösterilebilir.

Mekanik kayıplar doğrudan doğruya motorun gücünü ve özgül yakıt tüketimini, dolayısıyla zararlı eksoz gazları emisyonlarını da etkilemektedir. Kullanıcı istekleri ve yönetmelikler içten yanmalı motorların düşük emisyonlu ve yüksek verimli olarak tasarlanmasını zorunlu duruma

getirmiştir. Bu nedenle mekanik verimin geliştirilmesi motor tasarımcıları için önemli bir amaç oluşturmaktadır ve ölçülmesi çeşitli zorluklar gösteren mekanik kayıpların doğru biçimde belirlenmesinin özel bir önemi vardır.

Literatürde Mekanik kayıplar ortalama basıncının belirlenmesinde çok değişik yöntemlerin yer aldığı görülmektedir. Bu yöntemleri iki ana başlık altında toplayabiliriz (Ferguson 1986);

1. Deneysel yollarla mekanik kayıplar ortalama basıncının belirlenmesi
2. Her bir motor elemanında oluşan mekanik kayıpları hesap ederek mekanik kayıplar ortalama basıncının belirlenmesi

Mekanik kayıplar ortalama basıncını belirlemek amacı ile kullanılan başlıca dört temel deneysel yöntem vardır (Heywood 1988; Ferguson 1986; Taylor 1985);

1. İndikatör Diyagramı Yöntemi
2. Dışardan Tahrik Yöntemi
3. Morse Testi Yöntemi
4. Willan Doğrusu Yöntemi

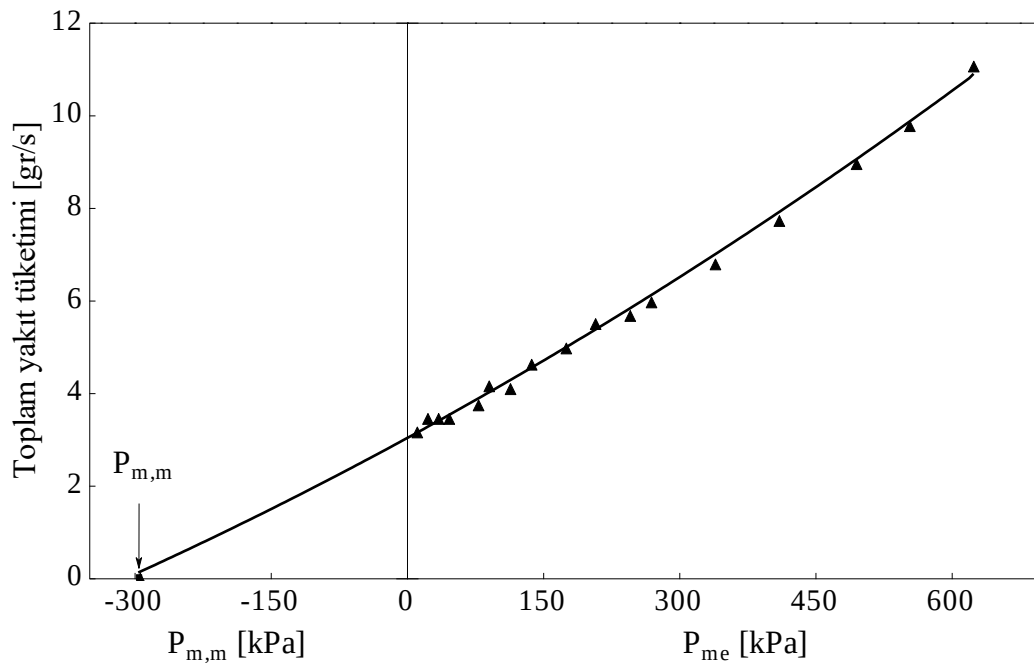
İndikatör diyagramı yönteminde iki zamanlı motorlar için tüm çevrim boyunca ve dört zamanlı bir motor için sıkıştırma, yanma ve genişleme işlemleri boyunca $\int P \cdot dV$ integrali hesaplanarak ortalama indike basınç belirlenebilir. Elde edilen veriler kullanılarak silindir basıncının strok hacmine göre değişimini gösteren indikatör diyagramı çizilebilir. Bu indikatör diyagramının artı bölümünün alanı sayısal alan hesaplama yöntemlerinden biri uygulanarak belirlenebilir. Bulunan bu alan kullanılarak ortalama indike basınç değeri, motorun krank milinden elde edilen efektif gücü (N_e) bir dinamometre aracılığı ile deneysel olarak ölçülürse; buradan P_{me} ortalama efektif basıncını belirlenir ve mekanik kayıplar ortalama basıncı bulunabilir.

Dışarıdan tahrik yöntemi; motoru bir dinamometre ile gerçek ateşleme koşullarına olanaklar elverdiği düzeyde yakın koşullar altında çalıştırarak mekanik kayıplar basıncının belirlendiği bir yöntemdir. Bu yöntemde ilk aşamada motor tam olarak ısınana kadar çalıştırılır ve daha sonra benzin motoru deneyi durumunda ateşleme, dizel motoru deneyi durumunda ise püskürtme kesilir ve motorun tam hızda dışarıdan bir elektrik motoru (dinamometre) aracılığıyla tahrik edilmesi için harcanan moment ölçülür ve mekanik kayıplar ortalama basıncı bulunabilir.

Morse testinde sabit koşullar altında çalışan çok silindirli bir motorun sıra ile silindirlerinden birinde ateşleme veya püskürtme kesilir ve motorun aynı hızda çalışması sağlanarak motor milinden elde edilen efektif güçteki azalma ölçülür. Efektif güçteki azalma miktarının ateşlemenin veya püskürtmenin kesildiği silindirlerin ürettiği indike güce eşit olacağı

varsayılabilir. Bu işlem bütün silindirler için tekrarlanır ve böylece efektif güçteki azalmaların toplamının, motorun indike gücünün bir ölçüsü olduğu düşünülebilir. Bu sırada motor milinden elde edilecek efektif güç de bir dinamometre aracılığıyla ölçülür. Ortalama indike basınç ve ortalama efektif basınç hesaplanır ve mekanik kayıplar ortalama basıncı bulunabilir.

Willan doğrusu yöntemi dizel motorları için dışarıdan tahrik yöntemine hemen hemen eşdeğer olan bu yöntem; sabit hızda toplam yakıt tüketiminin N_e efektif gücü ile veya P_{me} ortalama efektif basıncı ile değişiminin duyarlı bir şekilde belirlenmesine ve bu değişimin eğrisinin çizilmesine dayanmaktadır. Bir dizel motoru için böyle bir değişim çizildiğinde N_e veya P_{me} 'ye bağlı eğrilerin yaklaşık % 75'lik bölümünün lineer karakterde olduğu görülebilir (Pachernegg 1969; Heywood 1988). Şekil 1'de böyle bir değişim verilmiştir. Eğrinin lineer bölümü için; toplam yakıt tüketimindeki eşit artışların, güçte veya ortalama efektif basınçta eşit artışlar oluşturacağı ileri sürülebilir ve bu bölgede yanma veriminin veya özgül yakıt tüketiminin yaklaşık sabit olduğu söylenebilir. Böylece motor milinden elde edilen güç çıkışının sıfır olması durumunda; yakılan tüm yakıttan elde edilen enerjinin tamamının mekanik kayıpları karşılamak için harcandığı ileri sürülebilir. Bu özelliğinden yararlanarak eğri, yakıt tüketiminin sıfır olduğu N_e veya P_{me} değerine doğru lineer bir şekilde uzatılabilir ve böylece yatay ekseni kestiği nokta belirlenebilir. Bu noktadaki güç değeri mekanik kayıplar ortalama gücünü veya basınç değeri mekanik kayıplar ortalama basıncını verir. Örnek bir motorda Willan doğrusu ile belirlenen $P_{m,m}$ değerlerinin dışarıdan tahrik yöntemi ile belirlenen $P_{m,m}$ değerlerine çok yakın olduğu gösterilmiştir (Pachernegg 1969; Heywood 1988).



Şekil 1. Willan doğrusu (Heywood 1988).

Willan doğrusu yönteminin en önemli eksikliği motorun yüksüz durumdaki mekanik kayıplar ortalama basınçlarını vermesidir. Güç arttığı zaman yani motor yüklendiği zaman kuşkusuz motordaki mekanik kayıplar ortalama basıncı da artar. Bu yöntemin en önemli diğer bir zorluğu ise eğrinin tam bir lineerlik göstermemesidir. Ancak diğer yöntemlerdekinin tersine ayrıntılı deneysel donanımlar gerektirmeden bir motorun mekanik kayıplar ortalama basıncının pratik olarak belirlenebilmesine olanak sağlaması en önemli üstünlüğüdür (Ferguson 1986). Willan doğrusu yöntemi yalnızca dizel motorlarında yani gaz keleşi olmayan sıkıştırma ateşlemeli motorlarda uygulanabilir ve deneylerin sabit hızda yapılmasını gerektirir. Bu nedenle söz konusu yöntem benzin motorlarında uygulanamaz.

Mekanik kayıplar ortalama basıncının belirlenmesinin bir yolu da mekanik kayıplar ortalama basıncı için verilen ampirik bağıntıları kullanmaktır. Bu ampirik bağıntılar, yukarıdaki yöntemler kullanılarak elde edilmiş deneysel verilere en uygun eğriler uydurularak geliştirilmiştir. Sunulan çalışmasının bir amacı da bulunan deneysel sonuçlara çeşitli eğriler uydurarak deneylerde kullanılan motorların mekanik kayıpları için genel bağıntıların elde edilmesidir. Literatürde Kolchin(1984) Heywood(1988), Millington ve Hartles(1968) tarafından mekanik kayıplar ortalama basıncı ve mekanik kayıplar işi için bu tür değişik bağıntılar verilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Willan doğrusu yöntemi kullanılarak tek silindirli bir dizel deney motorunda değişik devir sayılarında ve farklı sıkıştırma oranlarında ve değişik yükleme koşullarında ortaya çıkan mekanik kayıplar ortalama basınçları deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca deneysel sonuçlardan yararlanarak deney motorunun mekanik kayıplar ortalama basıncı için, yüklemenin de göz önüne alındığı, genel ampirik bir bağıntının elde edilmiştir. Willan Doğrusu yönteminin uygulanması için yapılan deneyler değişik devir sayılarında ve değişik sıkıştırma oranlarında gerçekleştirilmiştir. Böylece mekanik kayıplar üzerinde devir sayısının, ortalama piston hızının ve sıkıştırma oranının etkileri incelenmiştir. Willan Doğrusu yöntemi yüksüz koşullar altındaki mekanik kayıplar ortalama basıncını belirleyen bir yöntemdir. Yüklemenin etkisini de belirlemek amacı ile deneysel veriler kullanılmış ve tam gazda dizel motor çevrimleri; Durgun'un(1991) tek bölge yanma modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Willan Doğrusu yönteminin uygulanması için tek silindirli dizel deney motorunda 16, 18, 20, 22 ve 24 sıkıştırma oranlarında, 1000, 1200, 1400 ve 1600 d/dak devir sayılarında ve çeşitli gaz konumlarında deneyler yapılmıştır. Ayrıca tam gaz durumunda her bir sıkıştırma oranında ve devir sayısında gerçek motor çevrimleri hesaplanmıştır.

2.1. Deney Düzenekinin Tanıtılması

Deneyler, K.T.Ü Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Motorlar Laboratuvarında bulunan; Tecquipment firmasının üretmiş olduğu, Tek Silindirli Değişken Sıkıştırma Oranlı Motor Deney Düzenekinde yapılmıştır. Deney düzeneği üç ana elemandan oluşmaktadır.

1. Motor
2. Elektrik dinamometresi
3. Ölçü aletleri ve kumanda panosu

Deney motorunun, kafası değiştirilerek, benzin veya dizel motoru olarak çalışması sağlanabilmektedir. Ayrıca motorun kafasında bulunan vidalı silindirik bir parçanın çevrilerek yanma odasına sokulup çıkarılması ile sıkıştırma oranı benzin motoru durumunda $7.5 \div 11.5$ aralığında, dizel motoru durumunda ise $14 \div 24$ aralığında ayarlanabilmektedir. Deney motoru tek silindirli, dört zamanlı ve su soğutmalı bir motordur. Motor teknik özellikleri ise şöyledir:

- Silindir çapı = $D = 90$ mm
- Strok uzunluğu = $H = 120$ mm
- Biyel uzunluğu = $l_b = 232$ mm
- Strok hacmi = $V_h = 763.4 \text{ cm}^3$ (= 0.763 lt)
- Maksimum güç = $N_{e,m} = 6.6$ KW (9 BG) (Dizel motoru durumunda sıkıştırma oranı 22 ve 1800d/dak'da)

2.2. Willan Doğrusunun Deney Motoru İçin Belirlenmesi

Willan Doğrusu yönteminin yalnızca dizel motorlarında uygulanabildiği daha önce belirtilmişti. Bu nedenle deney motorunun kafası dizel motoru olarak çalışacak şekilde ayarlanmıştır. Willan Doğrusu yönteminin uygulanmasında; B toplam yakıt tüketiminin P_{me} ortalama efektif basıncına göre değişimleri belirlendi.

2.2.1. P_{me} Ortalama Efektif Basıncın Belirlenmesi

N_e ortalama efektif gücü

$$N_e = \frac{P_{me} \cdot V_h \cdot z \cdot n}{60 \cdot k}$$

(9)

şeklinde tanımlanmaktadır. Buradan P_{me} ortalama efektif basıncı çekilirse

$$P_{me} = \frac{N_e \cdot 60 \cdot k}{V_h \cdot z \cdot n}$$

(10)

bağıntısı elde edilir. Burada k bir iş çevrimi için devir sayısı, V_h [lt] strok hacmi, n [d/dak] devir sayısı ve z silindirik sayısıdır. Deney motoru için $k = 2$ (dört zamanlı motorlarda bir iş çevrimi için 2 devir gereklidir), $V_h = 763.4 \text{ [cm}^3\text{]} = 0.7634 \text{ [lt]}$, $z = 1$ 'dir. Bu değerler Eşitlik 10'da yerlerine konursa,

$$P_{me} = \frac{120}{0.7634 \times 1} \frac{N_e}{n} = 157.1915 \frac{N_e}{n} \text{ [MPa]}$$

bağıntısı elde edilir. Burada N_e [kW] efektif güç ve n [d/dak] devir sayısıdır. Efektif güç,

$$N_{e,1} = \frac{M_d w}{1000} = 0.001359 M_d w \text{ [kW]} \quad (11)$$

bağıntısından hesaplanır. Burada M_d [Nm] döndürme momenti ve w [1/s] açısal hızdır. Ancak burada M_d döndürme momentinin bilinmesi gerekir. Elektrik dinamometresine bağlı yaylı terazi vasıtasıyla kuvvet ölçülmüş ve döndürme momenti hesaplanmıştır.

Deneyin yapıldığı P_o ve T_o dış ortam koşulları motor performansını etkileyebilir. Farklı koşullarda yapılan motor deneylerinin sonuçlarının birbiri ile sağlıklı biçimde karşılaştırılabilmesi için standart koşullara dönüşüm yapılmalıdır.

Standart atmosfer koşulları : 20°C ; $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

Deney yapılırken koşullar : $T_o \text{ [}^\circ\text{K]}$; $P_o \text{ [MPa]}$

olduğuna göre deney sonunda belirlenen $N_{e,1}$ efektif gücü dizel motorları için

$$N_e = N_{e,1} \frac{0.1013}{P_o} \frac{T_o}{293} \text{ [kW]} \quad (12)$$

bağıntısı kullanılarak standart koşullara dönüştürülebilir (DIN 70020 1976).

2.2.2. B Toplam Yakıt Tüketimi

Deneylerde $\Delta v \text{ [cm}^3\text{]}$ yakıtın $\Delta t \text{ [sn]}$ harcanma süresi ölçüldü; saatlik toplam yakıt tüketimi

$$B = \frac{\Delta v \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{\Delta t} \text{ [lt /saat]} \quad (13)$$

bağıntısından hesaplandı. Burada, $\Delta v \text{ [cm}^3\text{]}$ ölçekli kaptaki yakıt hacmi, $\Delta t \text{ [s]}$ Δv hacimli yakıtın harcanma süresidir.

2.3. Tek Bölge DİZEL Motoru Çevrim Modeli ve Uygulanması

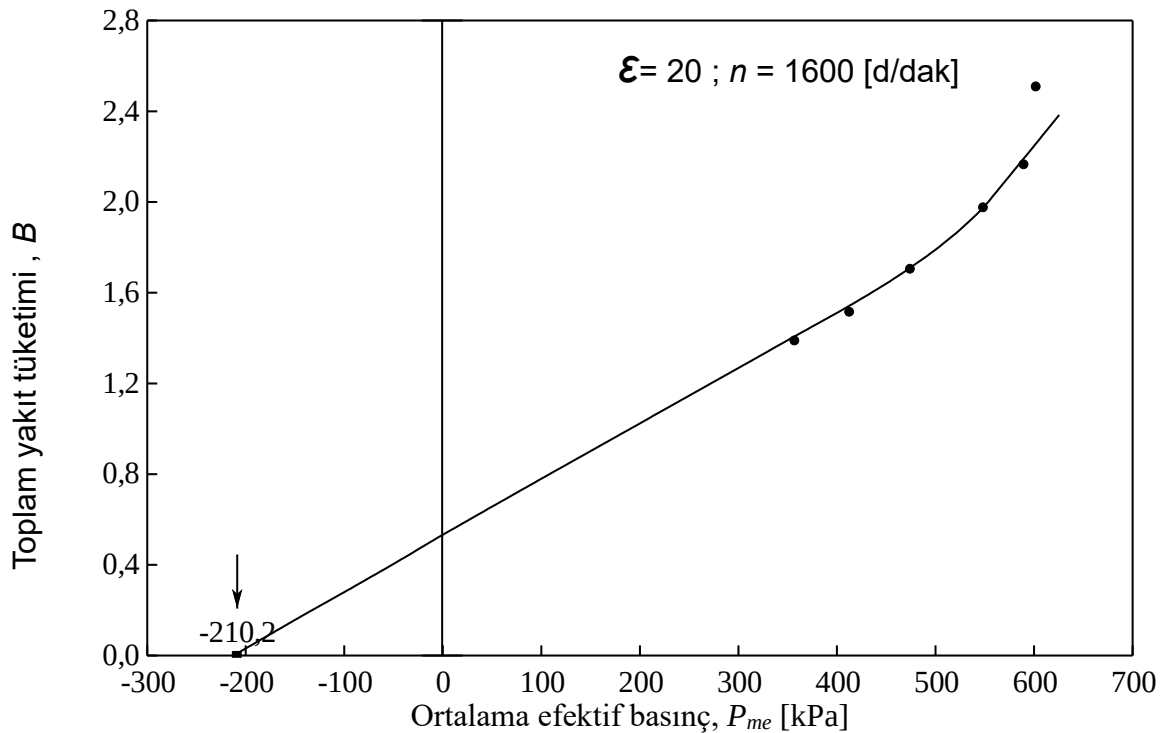
Sunulan çalışmada Durgun'un (1991)'un tek bölge yanma modeline dayalı basit çevrim modeli uygulanarak tam gazda dizel motoru çevrimleri hesaplanmıştır. Çevrimin başlangıç koşulları olarak Willan Doğrusunun yapıldığı deney koşulları alınabilir. Ancak farklı koşullarda yapılan motor deneylerinin sonuçlarının birbiri ile sağlıklı biçimde karşılaştırılabilmesi için

deney koşullarının standart koşullara dönüştürülmesi gerektiğinden, çevrimler de standart atmosfer koşullar kullanılmıştır. Tek bölge dizel motoru çevrim model kullanarak yüklemenin mekanik kayıplar ortalama basıncı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için gerekli hesaplamalar çok uzun ve zaman alıcıdır, ayrıca aynı işlemler bir çok kez tekrar edilmelidir. Bu nedenle motor çevrim hesabı ve ortalama indike basıncı için Fortran Programlama Dilinde yazılmış bir program kullanıldı (Bayram 2004).

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1. Willan Doğrusu İçin Elde Edilen Bulgular

Willan Doğrusu yönteminde kullanılmak üzere; ölçülen değerlerden yararlanarak her bir sıkıştırma oranında ve devir sayısında P_{me} ortalama efektif basınç [kPa] değerleri ve B toplam yakıt tüketimleri [lt/saat] hesaplandı. Her bir sıkıştırma oranında ve devir sayısında hesaplanan B değerlerinin P_{me} 'lere göre değişimleri grafikler şeklinde çizilmiştir ve deney sonuçlarından elde edilmiş örnek bir değişim Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Sıkıştırma oranı, $\epsilon = 20$ ve $n = 1600$ d/dak için Willan Doğrusu

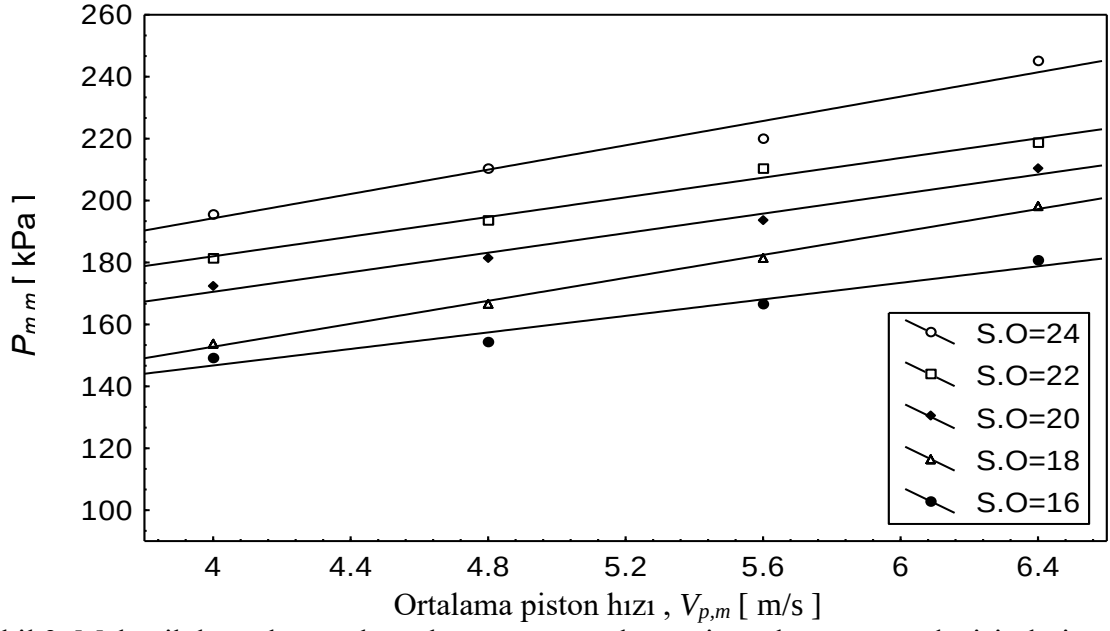
Her bir sıkıştırma oranında ve devir sayısında hesaplanan B değerlerinin P_{me} 'lere göre değişimlerini gösteren grafiklerden okunan $P_{m,m}$ değerleri Tablo 1'te verilmiştir. Bilindiği gibi Willan Doğruları bir motorun yüksüz koşullar altında $P_{m,m}$ mekanik kayıplar ortalama basıncı belirlemek amacı ile kullanılır. Bu nedenle Tablo 1'deki değerler deney motorunun yüksüz koşullar altındaki mekanik kayıplar ortalama basınçlarıdır. Tablo 1'teki değerlerden

yararlanarak deney motorunun sıkıştırma oranının ve ortalama piston hızının mekanik kayıplar ortalama basıncı üzerindeki etkileri incelenebilir. Bu nedenle Tablo 1’teki değerler kullanılarak her bir sıkıştırma oranında mekanik kayıplar ortalama basıncının ortalama piston hızı ile değişimleri Şekil 3’de ve ayrıca her bir ortalama piston hızında mekanik kayıplar ortalama basıncının sıkıştırma oranı ile değişimleri Şekil 4’te gösterilmiştir.

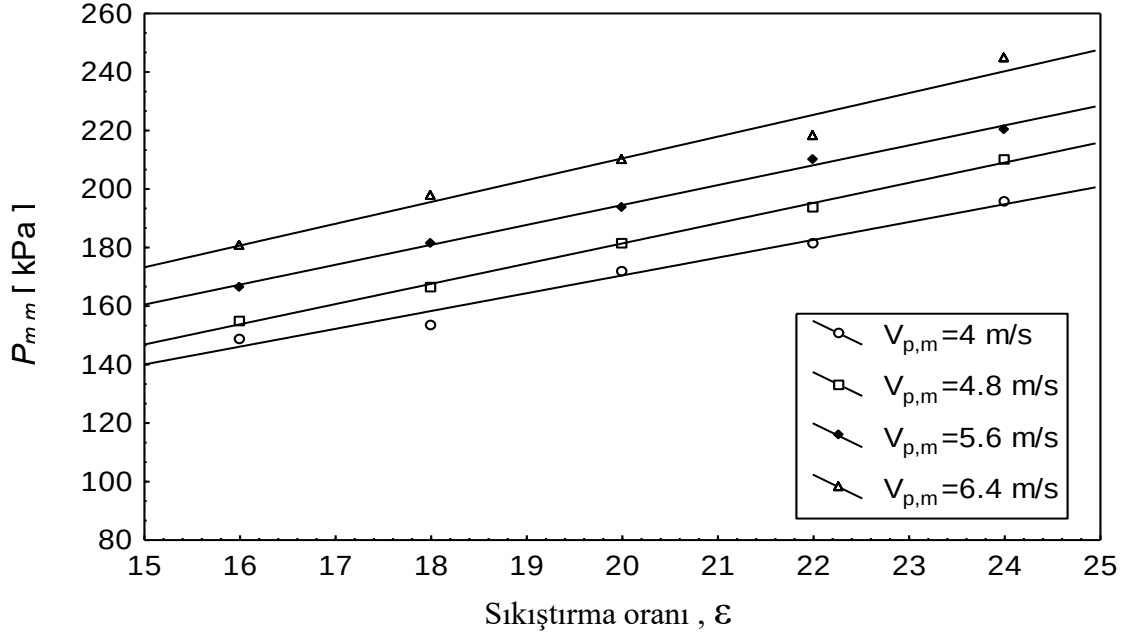
Tablo 1. Willan Doğrularından belirlenen $P_{m,m}$ değerleri

n [d/dak]	$V_{p,m}$ [m/s]	$P_{m,m}$ [kPa]
SIKIŞTIRMA ORANI = $\epsilon=16$		
1000	4	149.0
1200	4.8	154.7
1400	5.6	166.7
1600	6.4	180.6
SIKIŞTIRMA ORANI = $\epsilon= 18$		
1000	4	153.7
1200	4.8	166.7
1400	5.6	181.5
1600	6.4	198.2
SIKIŞTIRMA ORANI = $\epsilon= 20$		
1000	4	172.2
1200	4.8	181.6
1400	5.6	193.9
1600	6.4	210.2
SIKIŞTIRMA ORANI = $\epsilon= 22$		
1000	4	181.6
1200	4.8	193.9
1400	5.6	210.2
1600	6.4	218.5
SIKIŞTIRMA ORANI = $\epsilon=24$		
1000	4	195.9
1200	4.8	210.2
1400	5.6	220.4
1600	6.4	244.9

Şekil 3 ve 4’teki eğriler incelenirse; deney motoru için mekanik kayıplar ortalama basıncının hem sıkıştırma oranına, hem de ortalama piston hızına göre lineere çok yakın bir değişim gösterdikleri anlaşılır. Mekanik kayıplar ortalama basıncının bu iki değişkene bağlı değişimini göstermek üzere; uygun bir bağıntı belirlemek amacı ile; en küçük kareler yöntemi iki kademeli uygulanmıştır.



Şekil 3. Mekanik kayıplar ortalama basıncının ortalama piston hızına göre değişimleri



Şekil 4. Mekanik kayıplar ortalama basıncının sıkıştırma oranına göre değişimleri
Birinci aşamada her bir sıkıştırma oranında mekanik kayıpların ortalama piston hızı ile lineer değiştiği düşünülürse,

$$P_{m,m} = a + bV_{p,m}$$

(14)

şeklinde bir bağıntı elde edilebilir. Bu bağıntıdaki a ve b katsayıları her bir sıkıştırma oranı için belirlenir. İkinci aşamada a ve b katsayılarının sıkıştırma oranı ile lineer değiştikleri düşünülerek yüksüz koşullarda mekanik kayıplar ortalama basıncı için

$$a = a_1 + a_2 \epsilon$$

$$b = b_1 + b_2 \epsilon$$

$$P_{m,m} = [a_1 + a_2 \varepsilon] + [b_1 + b_2 \varepsilon] V_{p,m}$$

(15)

şeklinde genel bir bağıntı elde edilebilir. En küçük kareler yöntemindeki katsayılar, değişken ve fonksiyon arasında bağıntılar aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$ak + b \sum_{i=1}^k x_i = \sum_{i=1}^k f(x_i)$$

$$(16) a \sum_{i=1}^k x_i + b \sum_{i=1}^k x_i^2 = \sum_{i=1}^k f(x_i) x_i$$

(17)

Burada, a , b katsayılar, k değişken veri sayısı, x_i değişken, $f(x_i)$ fonksiyondur. Sunulan çalışmada birinci aşamadaki en küçük kareler yöntemi uygulamasında; $x_i = V_{p,m}$ ve $f(x_i) = P_{m,m}$ alınmıştır ve a ve b katsayıları Tablo 2'deki gibi elde edilir.

Tablo 2. Sıkıştırma oranına göre a ve b katsayıları

Sıkıştırma oranı, ε	a	b
16	93.33	13.3500
18	78.63	18.5375
20	107.83	15.7875
22	118.50	15.8750
24	115.67	19.6500

En küçük kareler yönteminin ikinci aşamasında her bir ortalama piston hızında Tablo 2'deki a ve b katsayılarının sıkıştırma oranı ile lineer değiştikleri kabul edilmiştir. Böylece ikinci adımda a_1 , a_2 ve b_1 , b_2 değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu katsayıları belirlemek için ikinci aşamada $x_i = \varepsilon$ ve $f(x_i) = a$ ve $x_i = \varepsilon$ $f(x_i) = b$ alınarak en küçük kareler yöntemi tekrar ayrı ayrı uygulanmış

$$a_1 = 18.152 ; \quad a_2 = 4.228 ; \quad b_1 = 6.703 ; \quad b_2 = 0.497$$

olarak bulunmuştur. Bu değerler Eşitlik 15'de yerlerine yazılırsa deney motoru için yüksüz koşullar altında $P'_{m,m}$ mekanik kayıplar ortalama basıncını veren

$$P'_{m,m} = [18.152 + 4.228 \varepsilon] + [6.703 + 0.497 \varepsilon] V_{p,m} \quad [\text{kPa}] \quad (18)$$

şeklinde ampirik bir bağıntı elde edilmiş olur. Burada ε sıkıştırma oranı, $V_{p,m}$ ortalama piston hızı $[\text{m/s}]$ 'dir.

3.2. Motor Çevrim Hesaplarından Elde Edilen Bulgular

Sıkıştırma oranları, devir sayıları ve çevrim koşulları Willan Doğrusunun yapıldığı deney koşullarındaki gibi alınmıştır. Deneylerin yapıldığı her bir sıkıştırma oranında deney

koşullarında motor çevrim hesapları yapıp P_{mi} 'ler Tablo 3'deki gibi belirlendi. Yükleme mekanik kayıplar üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için gereken bir diğer büyüklük ortalama efektif basınçtır. Bu büyüklük için ayrı deneylerin yapılmasına gerek yoktur. Çünkü çevrim hesapları tam gaz durumunda hesaplanmıştır. Willan Doğrusu için yapılan deneylerde P_{me} değerleri tam gaz durumunda elde edilmiştir. Bu nedenle Willan Doğrusu için elde edilen bu P_{me} değerleri kullanılıp her bir sıkıştırma oranında deney motorunun ortalama efektif basıncının devir sayısına göre değişimi çizilip bu değişim eğrilerinden P_{me} 'ler okunabilir. Şekil 5; çevrim hesabının yapıldığı sıkıştırma oranları ve devir sayıları için ortalama efektif basınçların devir sayısına göre değişimlerini gösterir. Böylece her sıkıştırma oranı ve her bir devir sayısı için P_{mi} ve P_{me} değerleri elde edilmiş oldu. Willan Doğrusu yöntemi ile yüksüz koşullar altındaki $P'_{m,m}$ mekanik kayıplar ortalama basıncı belirlendiğine göre $P_{m,m}$ ile $P'_{m,m}$ arasındaki fark yüklemeden kaynaklanan mekanik kayıplar ortalama basıncını verir ve böylece yüklemenin mekanik kayıplar üzerindeki etkisi belirlenebilir. Yani

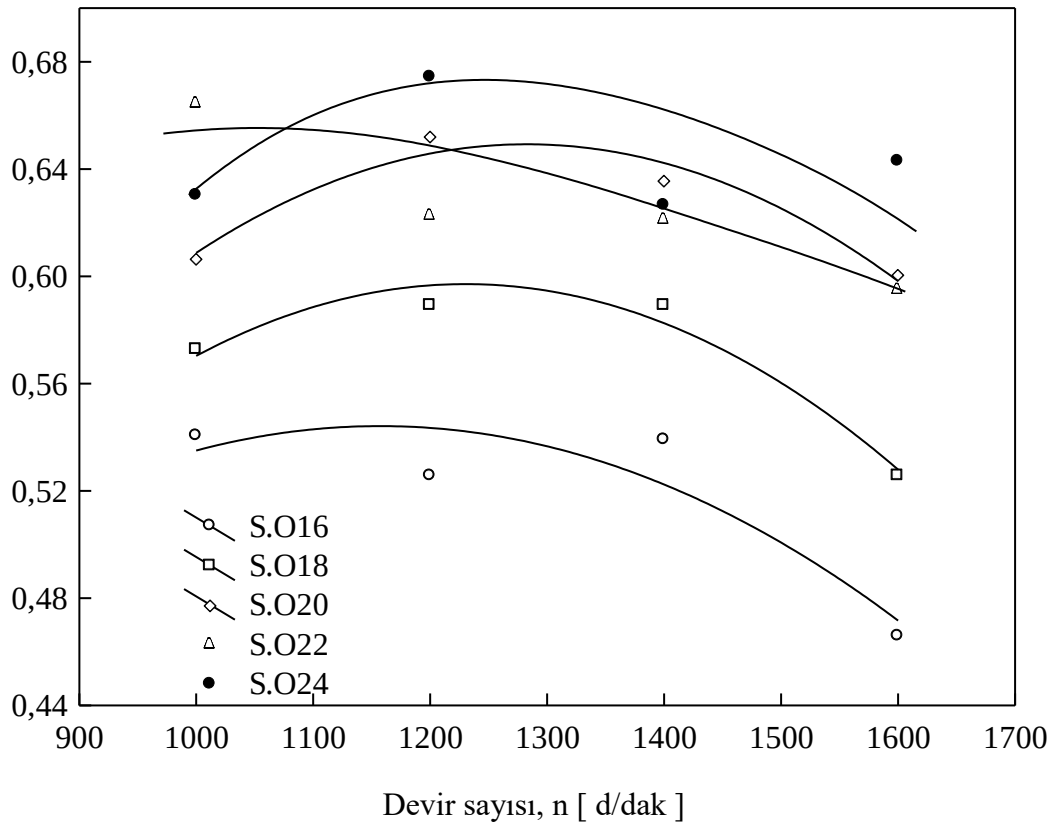
$$P''_{m,m} = P_{m,m} - P'_{m,m}$$

(19)

yazılabilir.

Tablo 3. Motor çevrim hesaplarından elde edilen P_{mi} değerleri

Devir sayısı [d/dak]	1000	1200	1400	1600
SIKIŞTIRMA ORANI = 16				
P_{mi} [MPa]	0.898233	0.875066	0.770835	0.727836
SIKIŞTIRMA ORANI = 18				
P_{mi} [MPa]	0.938235	0.907998	0.803195	0.755566
SIKIŞTIRMA ORANI = 20				
P_{mi} [MPa]	0.989322	0.960298	0.875060	0.824361
SIKIŞTIRMA ORANI = 22				
P_{mi} [MPa]	1.018771	0.969099	0.890391	0.826570
SIKIŞTIRMA ORANI = 24				
P_{mi} [MPa]	1.055905	0.997425	0.928335	0.853588

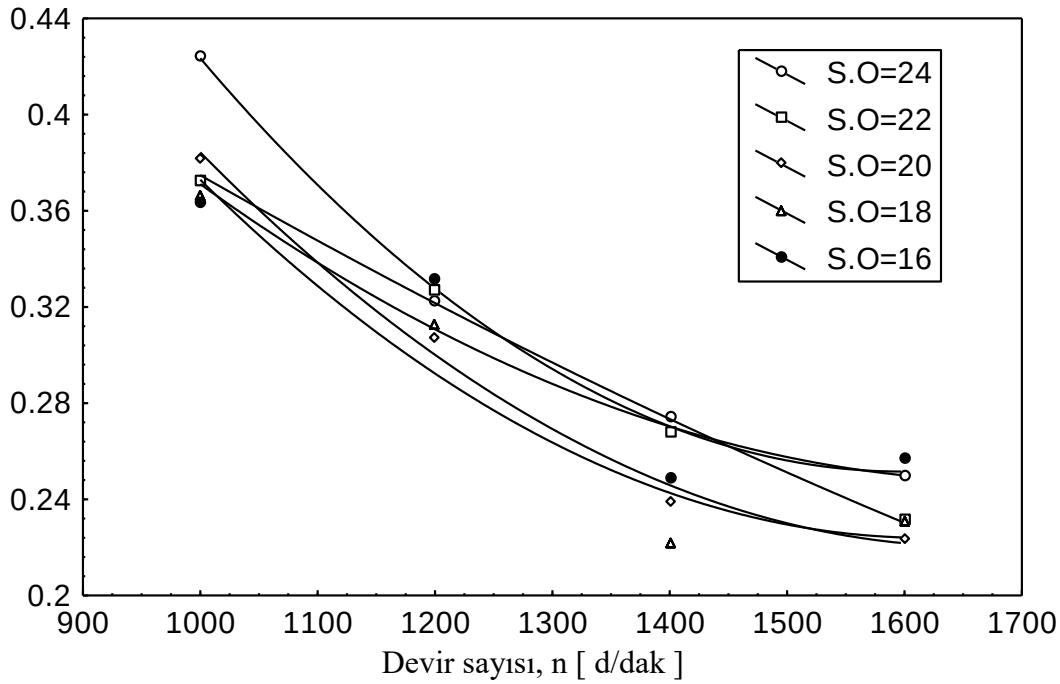


Şekil 5. Tam gazda deney motorunun ortalama efektif basıncının devir sayısına göre değişimleri

P_{mi} 'ler Tablo 3'den , P_{me} 'ler Şekil 5'ten alınıp $P'_{m,m}$ 'ler Eşitlik 18'den hesaplanarak Tablo 4 hazırlandı. Çevrim hesaplarından elde edilen P_{mi} 'lerden tam gaz durumundaki deneylerden elde edilen değerlere göre çizilen Şekil 5'ten elde edilen P_{me} 'ler çıkarılarak $P_{m,m}$ toplam mekanik kayıplar ortalama basıncı değerleri elde edilir. Toplam mekanik kayıplar ortalama basıncının devir sayısına göre değişimi çizildiğinde Şekil 6'daki gibi eğriler bulundu. Şekil incelendiğinde devir sayısı arttıkça toplam mekanik kayıplar ortalama basıncının azaldığı görülür. Oysaki devir sayısı arttıkça mekanik kayıplar ortalama basıncının artması beklenir. Aslında devir sayısı arttıkça mekanik kayıplar ortalama basıncı artmaktadır. Bu durum yüksüz durumdaki $P'_{m,m}$ mekanik kayıplar ortalama basıncının devir sayısına göre değişimini gösteren Şekil 7'de açıkça görülebilir. Şekil 6'da; yüklemenin devreye girmesine ve yüklemenin mekanik kayıplar ortalama basıncı üzerindeki etkisine dikkat etmek gerekir. Bu etkinin incelenebilmesi için $P_{mi} / P'_{m,m}$ oranı göz önüne alınmalıdır.

Tablo 4. Yüklemenin etkisini belirlemek için elde edilen değerler ve mekanik verimler

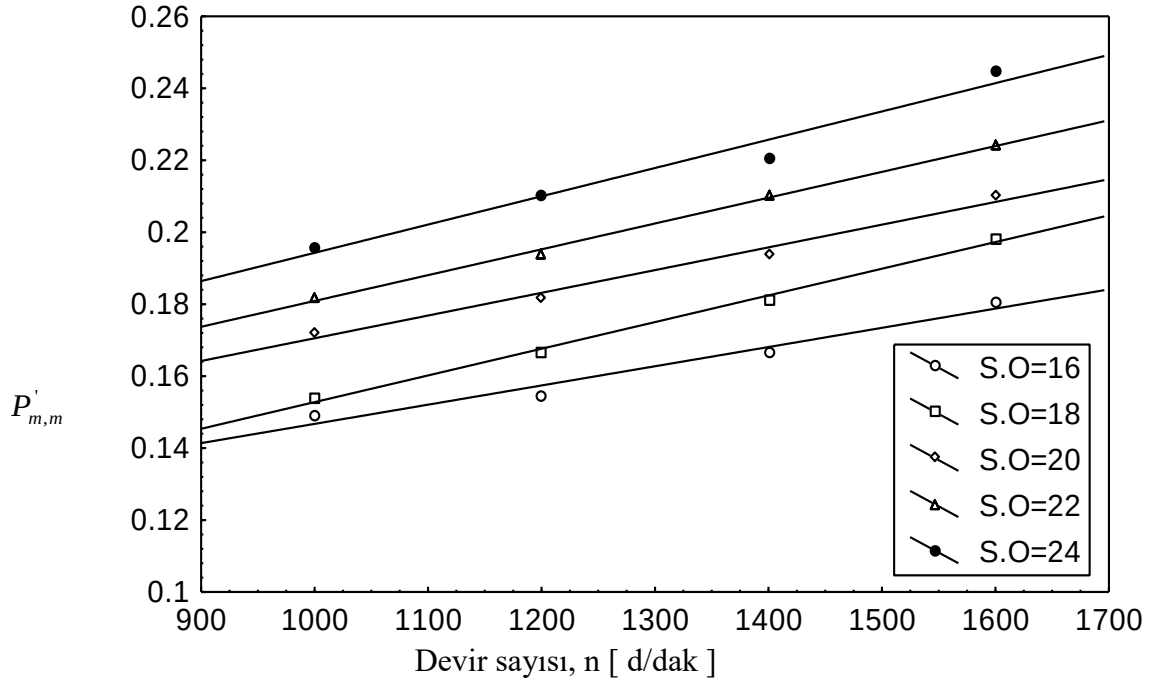
Devir sayısı [d/dak]	1000	1200	1400	1600
SIKIŞTIRMA ORANI=16				
P_{mi} [MPa]	0.898	0.875	0.771	0.728
P_{me} [MPa]	0.534	0.543	0.522	0.471
$P_{m,m} = P_{mi} - P_{me}$	0.364	0.332	0.249	0.257
$P'_{m,m}$ [MPa]	0.144	0.156	0.168	0.180
$P''_{m,m}$ [MPa]	0.203	0.157	0.096	0.069
$P_{mi} / P'_{m,m}$	6.24	5.61	4.59	4.05
$\eta_m = 1 - (P_{m,m}/P_{mi})$	0.59	0.62	0.68	0.65
SIKIŞTIRMA ORANI=18				
P_{mi} [MPa]	0.938	0.908	0.803	0.756
P_{me} [MPa]	0.573	0.595	0.581	0.526
$P_{m,m} = P_{mi} - P_{me}$	0.365	0.313	0.222	0.230
$P'_{m,m}$ [MPa]	0.157	0.169	0.182	0.194
$P''_{m,m}$ [MPa]	0.167	0.128	0.079	0.056
$P_{mi} / P'_{m,m}$	5.98	5.36	4.42	3.89
$\eta_m = 1 - (P_{m,m}/P_{mi})$	0.61	0.66	0.72	0.70
SIKIŞTIRMA ORANI=20				
P_{mi} [MPa]	0.989	0.960	0.875	0.824
P_{me} [MPa]	0.607	0.653	0.636	0.600
$P_{m,m} = P_{mi} - P_{me}$	0.382	0.307	0.239	0.224
$P'_{m,m}$ [MPa]	0.170	0.183	0.196	0.210
$P''_{m,m}$ [MPa]	0.158	0.122	0.081	0.058
$P_{mi} / P'_{m,m}$	5.84	5.26	4.46	3.94
$\eta_m = 1 - (P_{m,m}/P_{mi})$	0.61	0.68	0.73	0.73
SIKIŞTIRMA ORANI=22				
P_{mi} [MPa]	1.019	0.969	0.890	0.827
P_{me} [MPa]	0.646	0.642	0.622	0.595
$P_{m,m} = P_{mi} - P_{me}$	0.373	0.327	0.268	0.232
$P'_{m,m}$ [MPa]	0.182	0.196	0.210	0.224
$P''_{m,m}$ [MPa]	0.155	0.114	0.077	0.053
$P_{mi} / P'_{m,m}$	5.60	4.94	4.24	3.69
$\eta_m = 1 - (P_{m,m}/P_{mi})$	0.63	0.66	0.70	0.72
SIKIŞTIRMA ORANI=24				
P_{mi} [MPa]	1.056	0.997	0.928	0.854
P_{me} [MPa]	0.631	0.675	0.653	0.604
$P_{m,m} = P_{mi} - P_{me}$	0.425	0.322	0.275	0.250
$P'_{m,m}$ [MPa]	0.196	0.210	0.220	0.245
$P''_{m,m}$ [MPa]	0.229	0.124	0.049	0.005
$P_{mi} / P'_{m,m}$	5.39	4.75	4.21	3.49
$\eta_m = 1 - (P_{m,m}/P_{mi})$	0.60	0.68	0.70	0.71



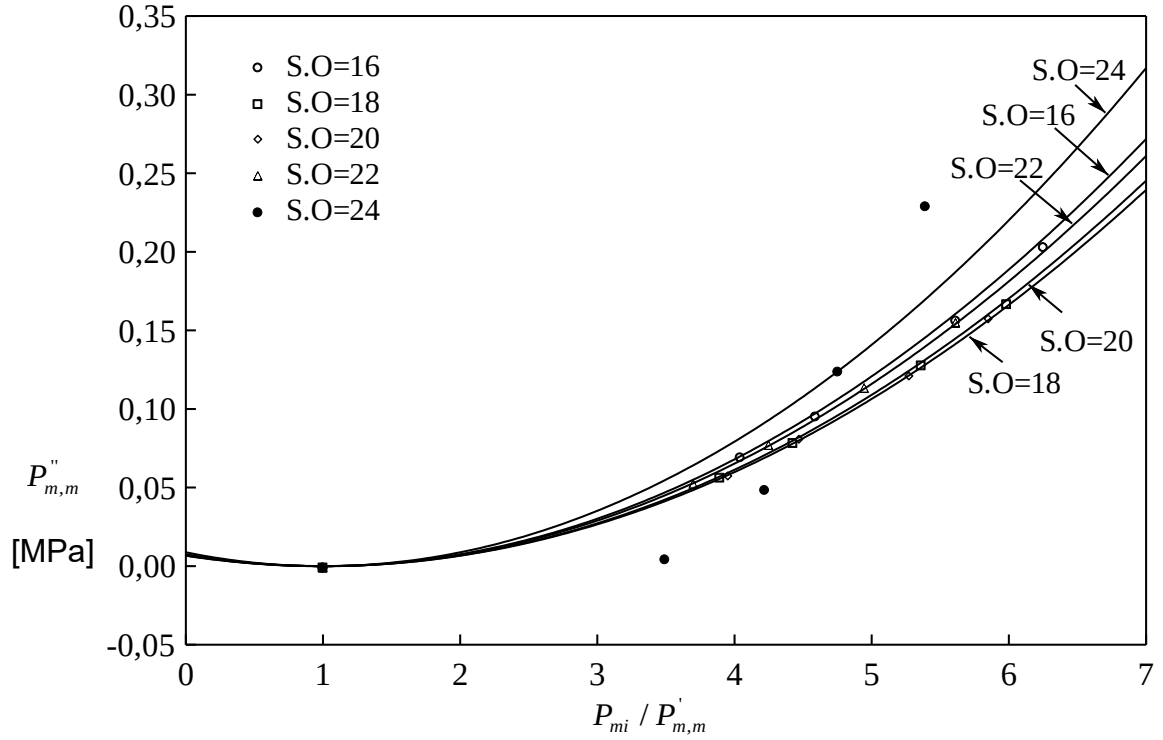
Şekil 6. Toplam mekanik kayıplar ortalama basıncının devir sayısına göre değişimleri

Çünkü yüksüz durumda elde edilen $P'_{m,m}$ değerleri motor milinden sıfır gücün elde edilmesi durumundaki mekanik kayıplar ortalama basınçlarıdır. Yani bu değerler motorun mekanik kayıpların üstesinden gelip harekete geçebilmesi için silindir içinde üretilmesi gereken ortalama basınçlardır. Bu nedenle yüksüz durumda $P'_{m,m}$ değerleri silindir içinde üretilen P_{mi} ortalama indike basıncına eşittir.

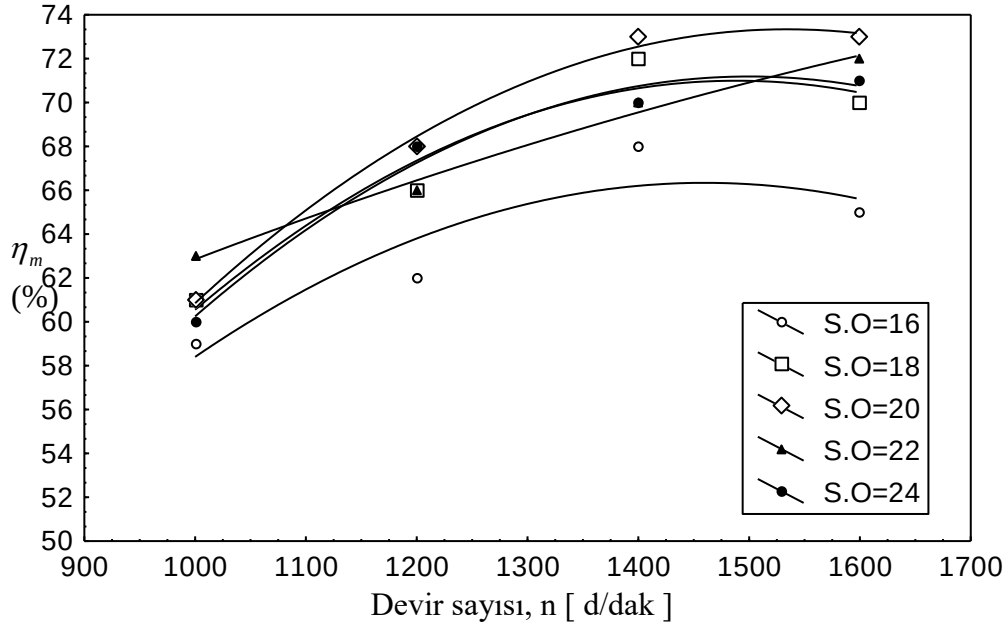
Yüksüz durum için $P_{mi} = P'_{m,m}$ yazılabilir. Bu nedenle yüklü durumda elde edilen P_{mi} ortalama indike basıncının yüksüz durumdaki $P_{mi} = P'_{m,m}$ mekanik kayıplar ortalama basıncına (ortalama indike basıncına) oranı; yüklemenin toplam mekanik kayıplar üzerindeki etkisini gösteren bir orandır. Tablo 4'deki değerlerden yararlanarak yüklemekten kaynaklanan $P''_{m,m}$ mekanik kayıplar ortalama basıncının $P_{mi} / P'_{m,m}$ oranına göre değişimleri Şekil 8'de gösterildi. Bu değişimler çizilirken dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta; $P_{mi} / P'_{m,m}$ oranının 1 olması durumunda motorun yüksüz konumda olacağı ve dolayısıyla yüklemekten kaynaklanan mekanik kayıpların meydana gelmeyeceği ve bu noktada $P''_{m,m}$ değerinin sıfır olacağıdır. Yani değişimler çizilirken eğrilerin bu noktadan geçmesine özen gösterilmiştir.



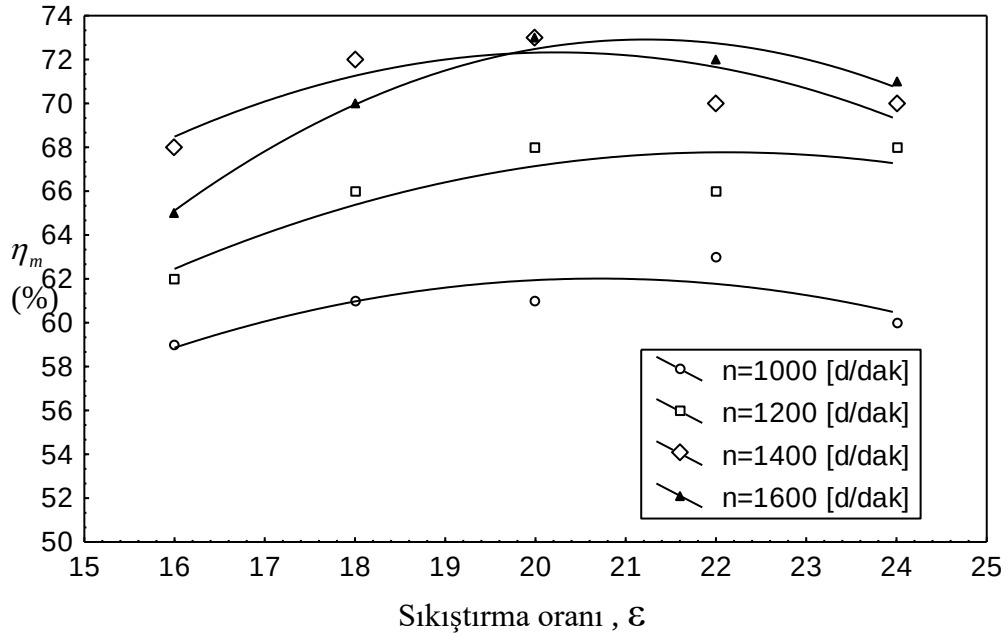
Şekil 7. Yüksüz durumdaki mekanik kayıplar ortalama basıncının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 8. $P_{mi} / P'_{m,m} - P''_{m,m}$ değişimleri



Şekil 9. Mekanik verimin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 10. Mekanik verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

Tablo 4'deki değerlerden yararlanarak mekanik verimin, devir sayısı ile değişimleri Şekil 9'te ve sıkıştırma oranı ile değişimleri Şekil 10'da gösterilmiştir.

Şekil 8 incelendiğinde; bütün sıkıştırma oranları için yüklemekten kaynaklanan $P_{m,m}''$ mekanik kayıplar ortalama basınçlarının $P_{mi} / P_{m,m}'$ oranına göre değişimlerinin parabolige yakın bir

değişim gösterdiği gözlemlenebilir. Bu değişimlerden yararlanarak $P_{m,m}''$ için genel bir bağıntı yazılabilir. Bu değişimin genel yapısının

$$P_{m,m}'' = a \left(\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right)^2$$

(20)

şeklinde bir bağıntı olacağı Şekil 8'den anlaşılabılır. Statistica programında çizilen bu eğriler için her bir sıkıştırma oranında en uygun parabolik değişimlerin aşağıdaki gibi oldukları belirlenmiştir.

$$\varepsilon = 16 \text{ için} \quad P_{m,m}'' = 7.839 \times 10^{-3} \left(\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right)^2$$

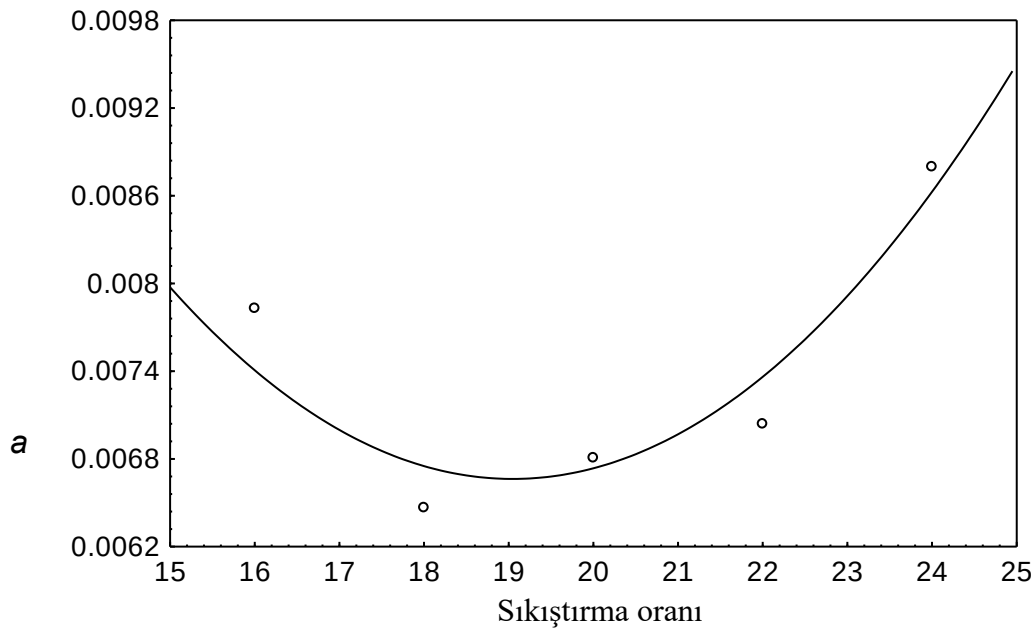
$$\varepsilon = 18 \text{ için} \quad P_{m,m}'' = 6.479 \times 10^{-3} \left(\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right)^2$$

$$\varepsilon = 20 \text{ için} \quad P_{m,m}'' = 6.814 \times 10^{-3} \left(\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right)^2$$

$$\varepsilon = 22 \text{ için} \quad P_{m,m}'' = 7.046 \times 10^{-3} \left(\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right)^2$$

$$\varepsilon = 24 \text{ için} \quad P_{m,m}'' = 8.804 \times 10^{-3} \left(\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right)^2$$

Genel bir bağıntı elde edebilmek için a katsayılarının sıkıştırma oranına göre değişimlerinin de incelenmesi gerekir. Şekil 11'de a katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 11. a katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimi

Şekil 11 incelendiğinde a katsayısının sıkıştırma oranına göre değişiminin parabolige yakın olduğu gözlemlenebilir. Statistica programında çizilen değişime en uygun parabolik eğrinin şekildeki gibi olduğu belirlendi. Statistica programından yararlanarak bu eğri için $a = 8.004 \times 10^{-5} \varepsilon^2 - 3.049 \times 10^{-3} \varepsilon + 0.0357$

(21) şeklinde bir bağıntı belirlendi. Böylece deney motorunda yüklemekten kaynaklanan mekanik kayıplar ortalama basıncı için aşağıdaki gibi yarı ampirik bir bağıntı elde edilmiştir.

$$P_{m,m}'' = [8.004 \times 10^{-5} \varepsilon^2 - 3.049 \times 10^{-3} \varepsilon + 0.0357] \left[\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right]^2$$

(22)

Burada, $P_{m,m}''$ yüklemekten kaynaklanan mekanik kayıplar ortalama basıncı [kPa], $P_{m,m}'$ yüksüz koşullardaki mekanik kayıplar ortalama basıncı [kPa], P_{mi} ortalama indike basınç [kPa], ε sıkıştırma oranıdır.

Böylece yüksüz ve yüklü koşullar altında deney motorunda meydana gelen mekanik kayıplar ortalama basınçları için Eşitlik 18 ve 22 bağıntıları elde edilmiştir. Deney motorundaki toplam mekanik kayıplar ortalama basıncı için bu iki bağıntının bir araya getirilerek

$$P_{m,m} = [18.152 + 4.228\varepsilon] + [6.703 + 0.497\varepsilon]V_{p,m} + [8.004 \times 10^{-5} \varepsilon^2 - 3.049 \times 10^{-3} \varepsilon + 0.0357] \left[\frac{P_{mi}}{P_{m,m}'} - 1 \right]^2$$

(23)

şeklinde genel bir bağıntı yazılabilir.

Deneylerden Willan Doğrusu yöntemi ile elde edilen bazı $P_{m,m}'$ değerlerinin literatürdeki bazı ampirik bağıntılardan elde edilen $P_{m,m}'$ değerleri ile ve Eşitlik 18'den belirlenen $P_{m,m}'$ değerleri ile karşılaştırılmaları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Deneylerden ve ampirik bağıntılardan elde edilen $P_{m,m}'$ değerlerinin karşılaştırılması

Devir Sayısı [d/dak]	$V_{p,m}$ [m/s]	ε	Willan Doğrusundan $P_{m,m}'$ [KPa]	Kolchin $P_{m,m}'$ [KPa]	Heywood $P_{m,m}'$ [KPa]	Millington-Hartles $P_{m,m}'$ [KPa]	Eşitlik 18 $P_{m,m}'$ [KPa]
1000	4.0	16	149.0	136.2	198.4	137.5	144.0
		24	195.9	136.2	198.4	192.7	194.1
1200	4.8	18	166.7	145.6	210.8	163.8	169.3
		20	181.6	145.6	210.8	177.8	182.6
1400	5.6	18	181.5	155.1	223.7	176.8	181.9
		20	193.9	155.1	223.7	190.6	195.9
1600	6.4	16	180.6	164.5	237.2	177.3	179.6

		22	218.5	164.5	237.2	217.9	224.0

4.SONUÇLAR

Devir sayısı, ortalama piston hızı ve sıkıştırma oranı arttıkça mekanik kayıplar ortalama basıncı ve dolayısıyla mekanik kayıplar artış gösterir.

Motor yükü arttıkça mekanik kayıplar ortalama basıncı ve dolayısıyla mekanik kayıpları da artış gösterir. Yüksek devirlerde yüklemekten kaynaklanan mekanik kayıplar azalırken ortalama piston hızının ve sıkıştırma oranının neden olduğu mekanik kayıplar artmaktadır. Düşük devirlerde ise tersi durum söz konusu olmaktadır.

Mekanik kayıplar içerisinde yüklemenin etkisi, ortalama piston hızına ve sıkıştırma oranına göre daha fazla olduğu için, yüksek devirlerde mekanik kayıplar ortalama basıncı azalmakta ve dolayısıyla mekanik verim artmaktadır.

Tablo 5 incelenirse Kolchin'nin(1984) ve Heywood'un(1988) vermiş olduğu bağıntılardan elde edilen $P'_{m,m}$ değerlerinin gerek Willian doğrularından elde edilen $P'_{m,m}$ değerlerinden gerekse Eşitlik 18'den belirlenen $P'_{m,m}$ değerlerinden oldukça küçük sonuçlar verdiği görülebilir. Kolchin'nin(1984) bağıntısında değişkenin sadece $V_{p,m}$ ortalama piston hızı olduğu ve diğer değişkenlerin mekanik kayıplar üzerindeki etkisinin bağıntının katsayıları ile hesaba katıldığı görülebilir. Ancak verilen katsayıların bu çalışmadaki deney motoru için yetersiz olduğu Tablo 5'dan görülebilir. Heywood'un(1988) diesel motorları için vermiş olduğu bağıntıda değişkenler $V_{p,m}$ ortalama piston hızı ve n devir sayısıdır. Bu bağıntı için verilmiş olan katsayıların bu çalışmadaki deney motoru için yetersiz olduğu Tablo 5'e bakılarak söylenebilir. Millington ve Hartles'in(1968) bağıntısından belirlenen $P'_{m,m}$ değerlerinin Willian Doğrusu ile elde edilen ve Eşitlik 18'den belirlenen $P'_{m,m}$ değerlerine yakın oldukları Tablo 5'den görülebilir. Millington ve Hartles'in(1968) bağıntısı incelendiğinde bunun nedeni kolayca anlaşılabilir. Çünkü bağıntıdaki değişkenler mekanik kayıplar ortalama basıncı üzerinde en etkili olan sıkıştırma oranı, devir sayısı ve ortalama piston hızıdır.

KAYNAKÇA

- Bayram, C. (2004). İçten yanmalı motorlarda mekanik kayıplar ortalama basıncının ve mekanik verimin belirlenmesi [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.
- Deutsches Institut für Normung. (1976). Automotive engineering - Continuous output of internal combustion engines (DIN Standard No. 70020).
- Durgun, O. (1991). İçten yanmalı motorlarda termodinamik yanma modelleri ve çevrim analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Ferguson, CR. (1986). Internal combustion engines, John Willey-Sons.
- Heywood JB. (1988). Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill.
- Kolchin, M. ve Demidov, V.(1984), Design of Automotive Engines, Mir Publishers.

Millington, BW. ve Hartles, ER. (1968). Frictional losses in diesel engines (SAE Technical Paper No. 680590). SAE International. <https://doi.org/10.4271/680590>
Pachernegg, SJ. (1969). A Closer look at the Willans-line (SAE Technical Paper No.690182). SAE International. <https://doi.org/10.4271/690182>

EFFECTS OF WIND TURBINE INSTALLATION ON POWER LOSSES AND VOLTAGE PROFILE IN THE POWER SYSTEM

Asst. Prof. Dr. İbrahim Çağrı BARUTÇU

Hakkari University, Çölemerik V.H.S., Department of Electricity and Energy, 30000
Hakkari, Turkey

ORCID ID: 0000-0001-6164-2048

ABSTRACT

The growing integration of wind turbine generation modifies feeder power flows, line currents, voltage reductions, and power flow in radial distribution systems. This study has examined the steady state impacts of a constant speed wind turbine on active power losses and bus voltages utilizing the IEEE 33 bus radial distribution test system. The turbine has been modelled as a grid connected squirrel cage induction generator equivalent that supplies active power and consumes reactive power at a 0.95 lagging power factor. Three research cases have been examined. These are wind power integration at bus 18, bus sensitivity for a 750 kW turbine, and reactive power compensation at bus 18. In the base case, the active power losses have been determined as 202.677 kW and the minimum bus voltage has been observed as 0.91309 p.u. at bus 18. For the wind power integration at bus 18, the increasing wind turbine power generation has decreased losses. The minimum active power losses have been found to be 168.303 kW with the wind power generation of 600 kW, which has resulted in 16.96% reduction compared to the base case. The increased power generation has resulted in reverse power flows, which result in increase of power losses to 235.252 kW at 1.5 MW power generation despite the enhancement in bus voltage. For the 750 kW capacity, the wind turbine at bus 12 has demonstrated the minimum power losses of 158.703 kW among the candidate buses, while integrating wind power at bus 25 has offered less reduction in losses when compared with the other candidate buses. The compensation of the reactive demand of wind turbine at bus 18 has reduced losses to 144.961 kW and increased the minimum bus voltage to 0.92813 p.u. The findings have indicated that fixed speed wind power generation has enhanced distribution efficiency.

Keywords: Wind turbine, power system, load flow, active power losses, voltage profile

GÜÇ SİSTEMİNDEKİ RÜZGAR TÜRBİNİ BAĞLANTISININ GÜÇ KAYIPLARI VE GERİLİM PROFİLİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ÖZET

Rüzgar türbini üretiminin artan entegrasyonu, radyal dağıtım sistemlerinde besleyici güç akışlarını, hat akımlarını, gerilim azalmalarını ve güç akışını değiştirmektedir. Bu çalışma,

IEEE 33 bara radyal dağıtım test sistemi kullanılarak, sabit hızlı bir rüzgar türbininin aktif güç kayıpları ve bara gerilimleri üzerindeki kararlı durum etkilerini incelemiştir. Türbin, aktif güç sağlayan ve 0,95 geri güç faktöründe reaktif güç tüketen, şebekeye bağlı bir sincap kafesli endüksiyon jeneratörü eşdeğeri olarak modellenmiştir. Üç araştırma durumu incelenmiştir. Bunlar, 18 numaralı barada rüzgar enerjisi entegrasyonu, 750 kW'lık bir türbin için bara hassasiyeti ve 18 numaralı barada reaktif güç kompanzasyonudur. Temel durumda, aktif güç kayıpları 202,677 kW olarak belirlenmiş ve minimum bara gerilimi 0,91309 p.u. olarak gözlemlenmiştir. 18 numaralı baraya entegre edilen rüzgar türbininin artan güç üretimi kayıpları azaltmıştır. 600 kW rüzgar enerjisi üretimiyle minimum aktif güç kayıpları 168.303 kW olarak bulunmuş olup, temel duruma göre %16,96'lık bir azalmaya karşılık gelmiştir. Artan güç üretimi, ters güç akışlarına neden olmuş ve bu da bara gerilimindeki artışa rağmen 1.5 MW güç üretiminde güç kayıplarının 235.252 kW'a yükselmesine yol açmıştır. 750 kW kapasite için, 12 numaralı baradaki rüzgar türbini, aday baralar arasında en düşük güç kayıplarını 158.703 kW olarak göstermiştir. 25 numaralı baraya entegre edilen rüzgar türbini ise diğer aday baralara kıyasla kayıplarda daha az azalma sağlamıştır. 18 numaralı baradaki rüzgar türbininin reaktif talebinin kompanzasyonu, kayıpları 144.961 kW'a düşürmüştür ve minimum bara gerilimini 0,92813 p.u.'ya yükseltmiştir. Elde edilen bulgular, sabit hızda rüzgar enerjisi üretiminin dağıtım verimliliğini artırdığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Rüzgar türbini, güç sistemi, yük akışı, aktif güç kayıpları, gerilim profili

1. INTRODUCTION

The connection of distributed power generation to medium voltage feeders may change the conventional assumption that power moves from the primary substation toward downstream customers [1]. When generation is installed close to load centers, the demand is locally supplied and the current carried by upstream lines may decrease [2]. This can reduce resistive losses and improve feeder voltage. The power generator may, however, cause reverse power flows and excessive voltage rises when its capacity and location are not coordinated with the distribution network [3].

The fixed speed wind turbines are commonly associated with squirrel cage induction generators connected directly to the grid. Their mechanical and electrical simplicity provides robustness, but the induction machine requires magnetizing reactive power. Capacitor banks are often installed at the turbine terminals, although their control and degree of compensation may change [4]. Compared with converter interfaced wind turbines, the fixed speed turbine has limited capability to regulate terminal voltage and reactive power.

Radial distribution feeders are particularly sensitive because their resistance to reactance ratios are relatively high and remote buses may operate at the lower voltages [5, 6]. The IEEE 33 bus system introduced by Baran and Wu is widely used to study feeder losses, reconfiguration, capacitor placement, and distributed generation integration [1]. The data of this distribution system are distributed with MATPOWER [7].

This paper has presented the sensitivity study focused on the single fixed speed wind turbine. The parameters of the distribution feeder have been obtained with radial power flow model. Three research cases have been evaluated. Wind turbine output power at bus 18 has been varied over a wide range, six connection buses have been compared at a common 750 kW capacity, and partial and full local compensation have been studied. Every reported case has been independently determined with power flow solutions.

2. MATERIAL AND METHODS

The study has used the original radial configuration of the IEEE 33 bus distribution system. The network base voltage is 12.66 kV and the base power is 10 MVA. The backward forward sweep power flow procedure has been used because the distribution feeder is radial and contains constant power loads. All bus voltages have been initialized at the slack bus magnitude. Total active power losses have been obtained from the converged branch currents.

Three case studies have been analyzed. In the penetration study, the turbine has been connected at bus 18 and its active power has been set to 250, 500, 600, 750, 1000, 1250, and 1500 kW. In the location study, the 750 kW turbine has been connected separately at buses 6, 12, 18, 25, 30, and 33. In the compensation study, the 750 kW turbine has been installed at bus 18 and the compensation has been applied on 0%, 50%, and 100% of its reactive demand.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Base case

In the base case, the power flow has converged in 11 backward forward power flow analysis iterations. Total active power losses have been found to be 202.677 kW. The minimum bus voltage has been obtained as 0.91309 p.u. at bus 18. These values have been reference for all wind integration cases. The parameters of the distribution system and the results of the base case are shown in Table 1.

Table 1. Parameters of distribution system and results of base case

Parameter	Value
Base voltage	12.66 kV
Base power	10 MVA
Number of buses and lines	33 and 32
Total load power	3.715 MW + j2.300 MVar
Base case active power losses	202.677 kW
Minimum voltage	0.91309 p.u. at bus 18
Wind turbine power factor	0.95 lagging power factor

3.2. Wind turbine connection at bus 18

For the penetration study, the 250 kW turbine has reduced active power losses by 11.37%. At 500 kW wind turbine capacity, the powers losses have decreased to 169.193 kW. The minimum power losses have been obtained as 168.303 kW at 600 kW wind turbine connection, which has provided 16.96% reduction. At 1.25 MW wind power installation, the losses have increased above the base case losses, and at 1.5 MW they have reached 235.252 kW at 1.5 MW integration, which has resulted in 16.07% higher losses than the base case. The active power losses variation is demonstrated based on the change in the active power generation of wind turbine in Fig. 1.

The voltage at bus 18 has increased continuously from 0.91309 p.u. to 0.985995 p.u. at 1.5 MW generation. Thus, the wind power generator has improved voltage at the connection bus.

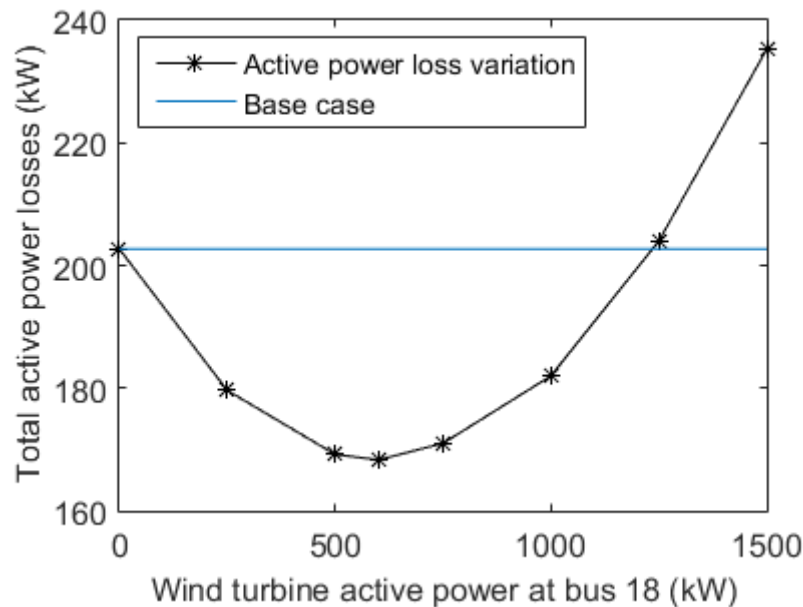


Fig. 1. Active power losses variation based on wind turbine power generation

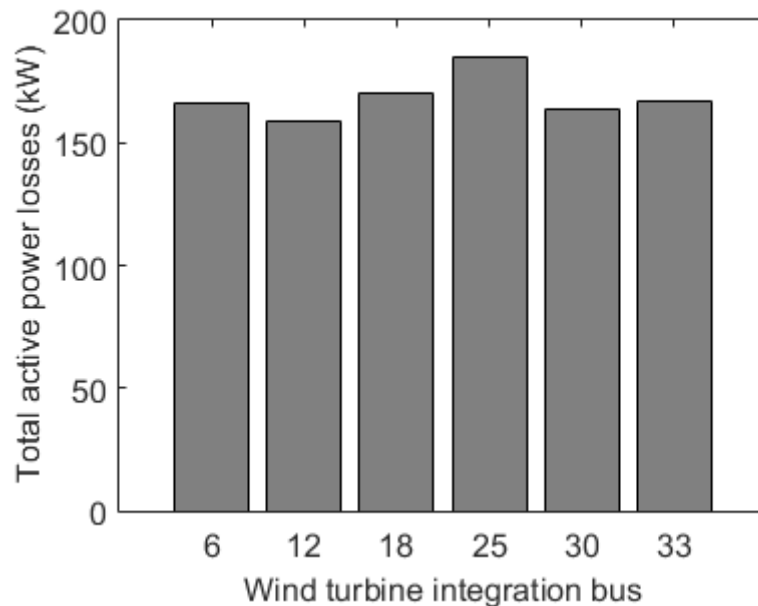
3.3. 750 kW wind turbine connection bus sensitivity

The results of 750 kW wind turbine connection bus sensitivity for the distribution system are summarized in Table 2.

Table 2. The results of 750 kW wind turbine connection bus sensitivity

Bus	Active loss (kW)	Reduction of loss (%)	Minimum voltage (p.u.)	Minimum voltage bus
6	166.384	17.91	0.92208	18
12	158.703	21.70	0.92571	33
18	170.308	15.97	0.92545	33
25	184.640	8.90	0.91565	18
30	163.697	19.23	0.92214	18
33	166.849	17.68	0.92206	18

Among the selected candidate buses for the wind turbine integration, the active power generation at bus 12 has resulted in the lowest active power losses, which have been obtained as 158.703 kW, corresponding to 21.70% reduction. The wind turbine at bus 30 has minimized the active power losses to 163.697 kW. At the same wind turbine capacity, bus 18 connection has given rise to 170.308 kW active power losses. Bus 25 integration has caused the worst result among the selected candidate buses. The variation of active power losses depending on the wind turbine integration buses are shown in Fig. 2.

**Fig. 2.** Active power losses variation based on wind turbine integration buses

For the wind turbine connection at bus 25, the losses have been calculated as 184.640 kW and the minimum voltage has been found to be 0.91565 p.u. at bus 18. The distribution system minimum voltage has been observed at bus 33 when the wind turbine placement has been considered at buses 12 and 18, respectively. The minimum voltage has been determined at bus 18 for the installation at buses 6, 25, 30, and 33, respectively.

3.4. Reactive power compensation at bus 18

The results related with the compensation for the power generation system at bus 18 are demonstrated in Table 3.

Table 3. The results of reactive power compensation at bus 18

Compensation (%)	Active loss (kW)	Reduction of loss (%)	Minimum voltage (p.u.)	Voltage at bus 18 (p.u.)
0	170.308	15.97	0.92545 at bus 33	0.95294
50	156.259	22.90	0.92682 at bus 33	0.96075
100	144.961	28.48	0.92813 at bus 33	0.96836

The 750 kW wind turbine has the reactive power demand of 246.513 kVAr at 0.95 lagging power factor. Supplying one half of this demand has reduced active power losses from 170.308 to 156.259 kW and raised the voltage at bus 18 from 0.95294 to 0.96075 p.u. The full compensation has reduced power losses to 144.961 kW, which corresponds to 28.48% reduction compared to the base case, and raised the voltage at bus 18 to 0.96836 p.u. The minimum system voltage has increased from 0.92545 p.u. in the uncompensated case to 0.92813 p.u. with full compensation.

4. CONCLUSIONS

This paper has examined the effect of fixed speed wind turbine on active power losses and voltage profile in the IEEE 33 bus radial distribution system. The base case has the active power losses of 202.677 kW and the minimum voltage of 0.91309 p.u. at bus 18. For the uncompensated wind turbine at bus 18 and 0.95 lagging power factor, the losses have decreased to 168.303 kW at 600 kW power generation. Additional generation has increased losses, and the 1.5 MW wind turbine has produced the active power losses of 235.252 kW. However, the voltage at bus 18 has increased to 0.985995 p.u. The 750 kW location study has shown that the wind turbine at bus 12 has provided the highest loss reduction among the selected buses, while the power generation at bus 25 has offered a much smaller benefit. Full compensation of the wind turbine reactive power demand has reduced losses to 144.961 kW and increased the minimum voltage to 0.92813 p.u. at bus 33.

REFERENCES

- [1] Baran, M. E., & Wu, F. F. (1989). Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 4(2), 1401-1407.
- [2] Feijoo, A. E., & Cidras, J. (2000). Modeling of wind farms in the load flow analysis. *IEEE Transactions on Power Systems*, 15(1), 110-115.
- [3] Muljadi, E., Samaan, N., Gevorgian, V., Li, J., & Pasupulati, S. (2010, July). Short circuit current contribution for different wind turbine generator types. In *IEEE PES General Meeting* (pp. 1-8). IEEE.
- [4] Shirmohammadi, D., Hong, H. W., Semlyen, A., & Luo, G. X. (1988). A compensation-based power flow method for weakly meshed distribution and transmission networks. *IEEE Transactions on Power Systems*, 3(2), 753-762.

- [5] Acharya, N., Mahat, P., & Mithulananthan, N. (2006). An analytical approach for DG allocation in primary distribution network. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 28(10), 669-678.
- [6] Gözel, T., & Hocaoglu, M. H. (2009). An analytical method for the sizing and siting of distributed generators in radial systems. *Electric Power Systems Research*, 79(6), 912-918.
- [7] Zimmerman, R. D., Murillo-Sánchez, C. E., & Thomas, R. J. (2011). MATPOWER: Steady-state operations, planning, and analysis tools for power systems research and education. *IEEE Transactions on Power Systems*, 26(1), 12-19.

PLACENTAL AGING AND CELLULAR SENESENCE: A BIBLIOMETRIC AND THEMATIC MAPPING FROM PHYSIOLOGICAL MATURATION TO PREGNANCY PATHOLOGIES

Research Assistant Merve Nur Güney

Ağrı İbrahim Çeçen University, School of Medicine, Department of Histology and Embryology, Ağrı, Türkiye

ORCID ID: 0009-0008-6287-5271

Assistant Professor Seçil Nazife Parlak

Ağrı İbrahim Çeçen University, School of Medicine, Department of Histology and Embryology, Ağrı, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-9577-986X

Assistant Professor Muhammet Volkan Bülbül

Ağrı İbrahim Çeçen University, School of Medicine, Department of Histology and Embryology, Ağrı, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1526-2065

ABSTRACT

The placenta is a unique organ in which developmental maturation and aging-associated cellular changes are observed simultaneously within the same tissue throughout pregnancy. While physiological senescence may contribute to processes such as trophoblast differentiation, cell fusion, and preparation for parturition, premature or excessive senescence has been associated with placental dysfunction and adverse pregnancy outcomes. The aim of this study was to map the scientific development, intellectual foundation, and thematic evolution of the literature on placental aging and cellular senescence, from physiological maturation to pregnancy pathologies, using bibliometric methods. A search conducted in the Web of Science Core Collection using predefined topic terms identified 307 English-language articles, which were analyzed using Bibliometrix/Biblioshiny for performance analysis and science mapping. The dataset covered the period from 1983 to 2026 and included 173 sources, 1,984 authors, and 14,294 references. The annual growth rate was 6.5%, the average number of citations per document was 29.36, and the international co-authorship rate was 22.8%. *Placenta* was the most productive journal with 37 publications and also had the highest local impact with an h-index of 17, while Menon R was the most productive author with 12 publications. China and the United States led scientific production, whereas the conceptual core of the field consisted of the terms *senescence*, *placenta*, *cellular senescence*, *oxidative stress*, *pregnancy*, *preeclampsia*, and *trophoblast*. Trend analysis demonstrated that the early focus on DNA/telomeres and replicative senescence gradually shifted toward cellular senescence, oxidative stress, and preeclampsia, and more recently toward trophoblast, placental senescence, advanced maternal age, and gestational diabetes mellitus. The findings indicate that research

on placental aging has evolved from a morphological/chronological maturation perspective toward a mechanistic biology of senescence centered on cell type, timing, and disease context.

Keywords: Bibliometrics, cellular senescence, placenta, placental aging, preeclampsia, trophoblast.

1. INTRODUCTION

The placenta is a temporary organ that fulfills numerous functions within a limited lifespan, including fetomaternal exchange, endocrine regulation, immune tolerance, and the support of fetal growth. As pregnancy progresses, villous branching, trophoblast differentiation, syncytial transformation, vascular remodeling, and metabolic adaptations occur (Burton & Jauniaux, 2015). Therefore, placental aging is not merely a chronological process but a dynamic biological phenomenon involving remodeling at the morphological, cellular, and molecular levels (Cox & Redman, 2017; Sultana et al., 2018).

Cellular senescence is characterized by permanent cell cycle arrest, altered metabolism, and frequently by the senescence-associated secretory phenotype (SASP), which develops in response to cellular stress. However, senescence is not solely a terminal program associated with aging and disease. In the placenta, senescence programs may play a physiological role during syncytiotrophoblast formation; ERVWE1-mediated cell fusion has been shown to activate the p53 and p16-pRb pathways, SASP components, and proteins associated with immune surveillance (Chuprin et al., 2013). Studies specific to trophoblast subtypes have also demonstrated that senescence markers are differentially distributed within the cytotrophoblast and syncytiotrophoblast compartments throughout pregnancy (Higuchi et al., 2019).

This physiological role presents a marked paradox when compared with pathological senescence. Premature placental aging has been associated with adverse pregnancy outcomes such as preeclampsia, fetal growth restriction (FGR), spontaneous preterm birth, and intrauterine fetal death (Kajdy et al., 2023; Sultana et al., 2018). In particular, oxidative stress, telomere erosion, persistent DNA damage, mitochondrial dysfunction, and the SASP-mediated inflammatory microenvironment have emerged as key mechanisms defining the boundary between physiological maturation and pathological senescence (Cox & Redman, 2017; Kajdy et al., 2021).

Recent studies indicate that this field has increasingly acquired a cell-specific and translational character. Placentae exhibiting premature aging associated with preeclampsia have been reported to show decreased SIRT1 expression, whereas markers related to senescence and the extracellular matrix (ECM) are increased, with these changes being immunohistochemically

localized to the syncytiotrophoblast (Wang et al., 2022). A review published in 2024 incorporated placental senescence into the two-stage pathophysiological model of preeclampsia (Sugulle et al., 2024), whereas a study published in 2026 began investigating the potential role of cellular senescence in metabolic pregnancy complications such as gestational diabetes mellitus through tissue-based and circulating biomarkers (Fiskå et al., 2026).

Although the general literature on cellular senescence has been examined bibliometrically, a recent literature search did not identify any bibliometric study specifically evaluating the historical development, scientific contributors, citation base, and thematic evolution of placental aging together with cellular/trophoblast senescence. This gap makes it particularly meaningful to quantitatively demonstrate the transformation of the placental aging literature from the traditional morphological/gestational aging perspective to the contemporary molecular biology of senescence.

The aim of this study was to reveal the bibliometric performance, scientific collaboration structure, intellectual foundation, and conceptual evolution of studies published in the field of placental aging and cellular senescence during the period 1983–2026. In addition, the study aimed to identify the thematic transformation of the field from physiological placental maturation to pregnancy pathologies, as well as current research trends.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Data Source and Search Strategy

Bibliographic data were retrieved from the Web of Science Core Collection (WoSCC) database on July 23, 2026. The search was performed in the Topic field using the following query:

((("placental senescence" OR "placenta senescence" OR "placental aging" OR "placental ageing" OR "premature placental aging" OR "premature placental ageing" OR "trophoblast senescence" OR "trophoblast cellular senescence") OR ((placenta* OR trophoblast*) AND ("cellular senescence" OR "cell senescence" OR "cellular aging" OR "cellular ageing" OR senescent))))

Only records classified as English-language articles were included in the analysis. No additional time filter was applied to the starting year; therefore, the period from 1983, which was the first year naturally retrieved by the search query, to 2026 was retained. Since the year 2026 had not yet been completed, the annual publication data for this year were not directly compared with those of completed years.

2.2. Bibliometric Analysis and Science Mapping

WoSCC data exported with full records and cited references were analyzed using the Biblioshiny interface of the Bibliometrix R package (Aria & Cuccurullo, 2017). Performance analysis included the number of documents and sources, annual scientific production, average citations, the most productive journals, authors, institutions, and countries, as well as the h-index and local/global citation indicators. Science mapping included analyses of keyword frequencies, trend topics, and thematic mapping. In the thematic map, Callon centrality reflects the degree of interaction between a theme and other themes in the field, whereas Callon density represents the internal level of development of the theme.

2.3. Data Quality and Interpretation Principles

The Biblioshiny report included a total of 307 records, consisting of 301 standard articles, 1 article/book chapter, 2 articles/early access, 2 articles/proceedings papers, and 1 article marked as a retracted publication. The record labeled as a retracted publication, which was noticed after completion of the analyses, was not removed post hoc in order to preserve the numerical integrity of the report. This issue is additionally addressed in the limitations section.

3. RESULTS

3.1. Bibliometric Profile and Temporal Development

The dataset consisted of 307 articles published in 173 sources during the period 1983–2026. A total of 1,984 authors contributed to these studies, and 14,294 references were cited. The average number of citations per document was 29.36, the average document age was 8.11 years, the average number of co-authors per article was 7.64, and the international co-authorship rate was 22.8%. The annual growth rate calculated by Biblioshiny was 6.50% (Table 1).

Table 1. Main bibliometric indicators of the dataset.

Indicator	Value
Period	1983–2026
Documents	307
Sources	173
Authors	1.984
References	14.294
Annual growth rate	%6,5
Average document age	8,11 yıl
Average citations/document	29,36
Co-authors/document	7,64
International co-authorship	%22,8

Annual scientific production remained at a low level for a prolonged period but showed a more pronounced increase after 2016. The number of publications reached 11 in 2016, 15 in 2017, 17 in 2019, and 23 in 2021, with a period-specific peak of 37 publications in 2022. A total of 35 articles were published in 2025, while 30 articles had already been published before the completion of 2026. This pattern indicates that although placental aging has long been recognized as a concept, the concentration of research on the axis of cellular senescence has accelerated primarily during the last decade (Figure 1).

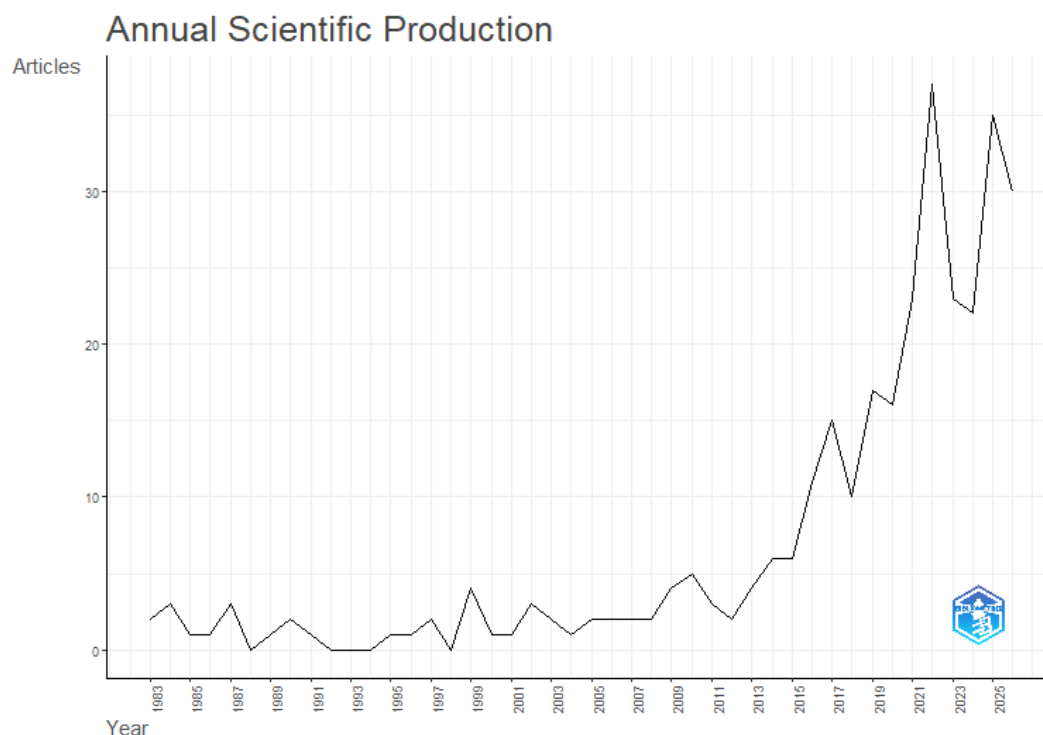


Figure 1. Annual scientific production in placental aging and cellular senescence research.

3.2. Scientific Communication Channels and Source Impact

Placenta was the most productive journal in the field, publishing 37 articles. It was followed by the *American Journal of Obstetrics and Gynecology* with 11 publications, the *American Journal of Reproductive Immunology* with 9 publications, and both *Aging Cell* and the *International Journal of Molecular Sciences* with 8 publications each. In terms of local impact indicators, *Placenta* ranked first by a wide margin, with an h-index of 17, a g-index of 34, and a total of 1,186 local citations. These findings indicate that the field has evolved through both the organ-specific obstetrics literature and journals focused on aging and cell biology (Figure 2).

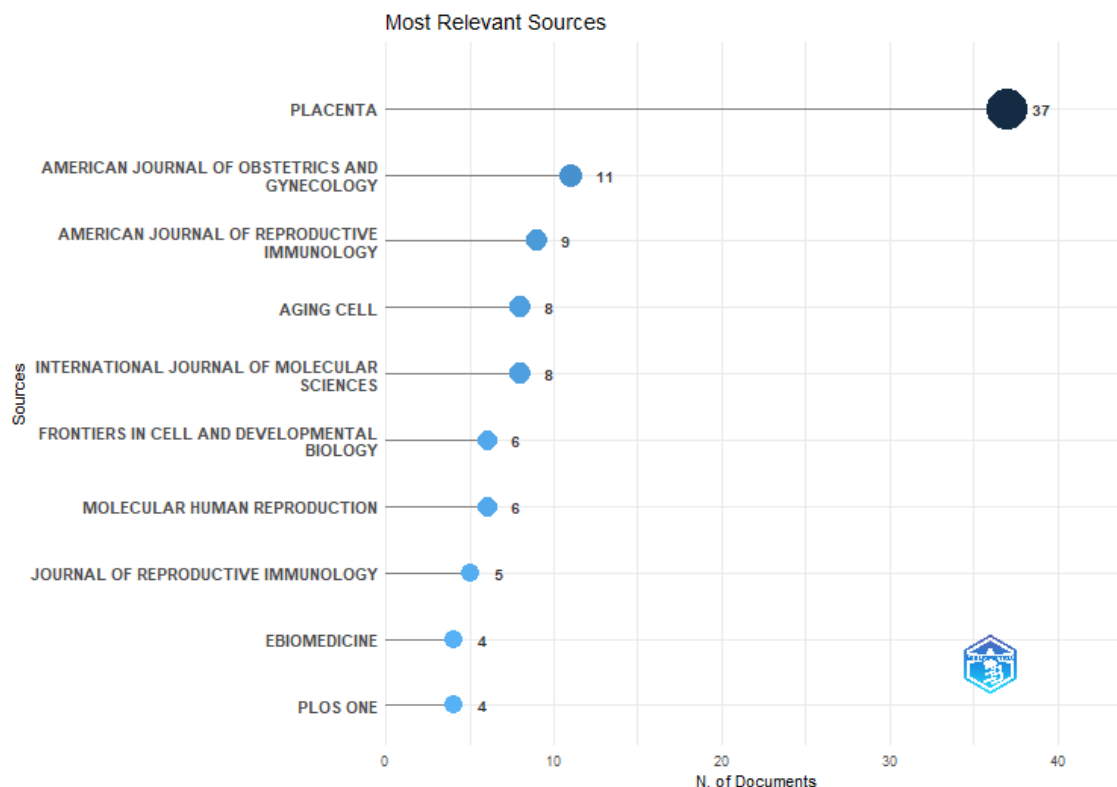


Figure 2. Top 10 most productive journals by number of publications.

3.3. Scientific Productivity at the Author, Institution, and Country Levels

In terms of author productivity, Menon R ranked first with 12 publications, followed by Biron-Shental T with 9 publications, Zhang Y with 8 publications, and Amiel A and Wang YX with 7 publications each. At the institutional level, Tel Aviv University (32 publications), Sackler Faculty of Medicine (29), Chongqing Medical University (26), Chinese Academy of Sciences (24), University of Texas System (24), Fudan University (20), and the University of Cambridge (17) emerged as the leading contributors (Figure 3).

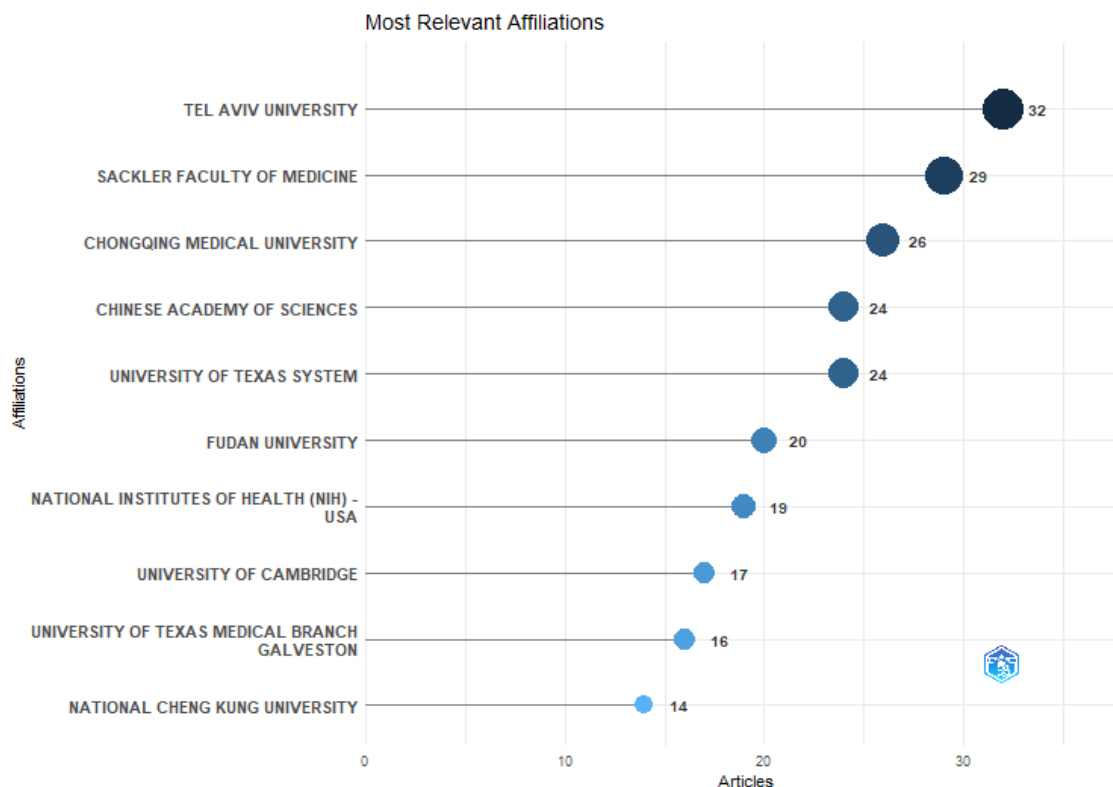


Figure 3. Top 10 institutions by scientific productivity.

According to the corresponding author's country, China ranked first with 81 publications (26.38%), followed by the United States with 66 (21.50%), Japan with 22 (7.17%), the United Kingdom with 21 (6.84%), and Australia with 15 publications (4.89%). In terms of citation impact, the United States occupied a strong position with 3,215 total citations and an average of 48.7 citations per article, whereas Germany had the highest average citation rate per article at 55.6. Figure 3 demonstrates that publication volume and citation impact are not always parallel and that the level of international co-authorship varies among countries (Table 2).

Table 2. Productivity, collaboration, and citation indicators of the leading publishing countries.

Country	Articles	MCP %	Average citations/article
China	81	18.52	16.6
USA	66	21.21	48.7
Japan	22	22.73	17.1
United Kingdom	21	33.33	45.2
Australia	15	26.67	24.3
Israel	13	15.38	45.1
Germany	9	44.44	55.6
Korea	9	0.00	16.1

3.4. Citation Structure

Local citation analysis demonstrated that the intellectual foundation of the field is based on both placenta-specific aging studies and the classical references of general cellular senescence biology. The study by Sultana et al. published in the *American Journal of Obstetrics and Gynecology* in 2018 ranked first with 41 local citations. It was followed by the 2010 study by Biron-Shental et al. and the 2013 *Genes & Development* study by Chuprin et al., each receiving 37 local citations, while the 2017 review by Cox and Redman published in *Placenta* received 34 local citations (Figure 4).

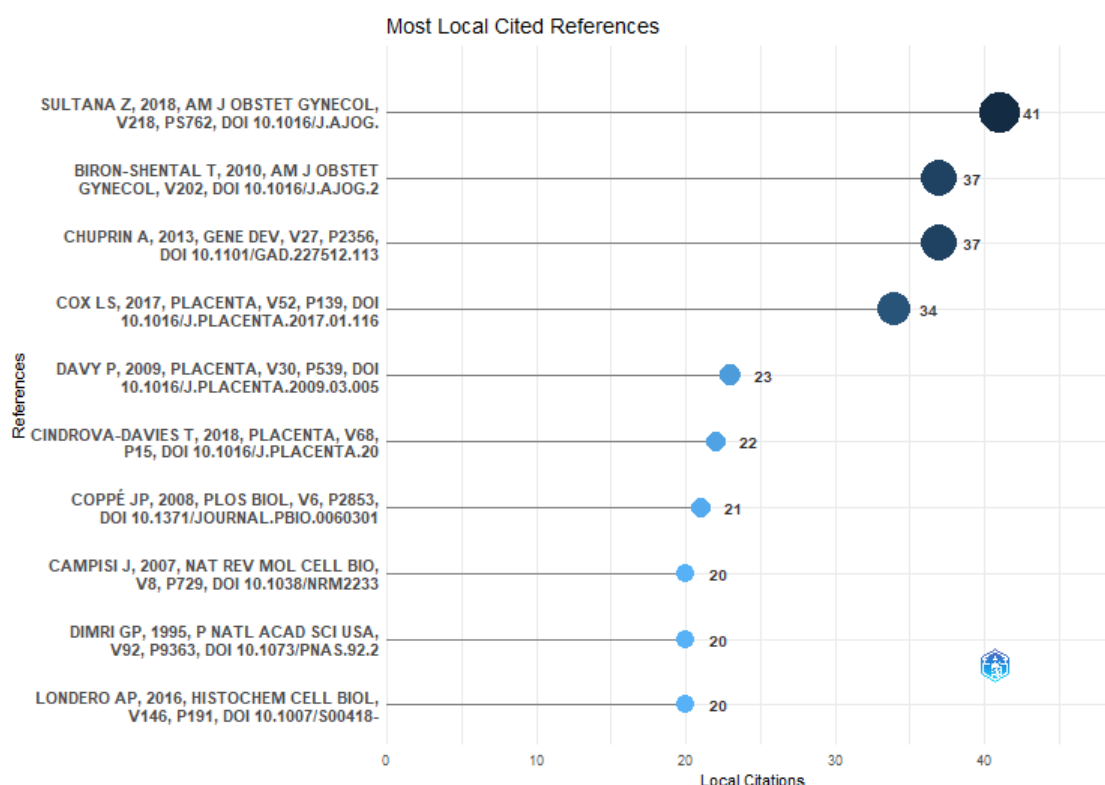


Figure 4. Top 10 references with the highest local citation counts in the dataset.

3.5. Conceptual Structure and Research Focuses

The most frequently used terms were *senescence* (85), *placenta* (77), *cellular senescence* (73), *expression* (71), *oxidative stress* (49), *pregnancy* (49), *preeclampsia* (38), *apoptosis* (30), *aging* (29), and *trophoblast* (25). This distribution indicates that the field encompasses not only the biology of aging but also a multilayered structure intersecting with oxidative stress, cell death, trophoblast differentiation, and pregnancy pathologies (Figure 5).



Figure 5. Major terms constituting the conceptual core of the field.

3.6. Trend Topics and Temporal Conceptual Evolution

Trend analysis demonstrated that research on placental aging has undergone a marked conceptual evolution over time. During the early period, fundamental aging mechanisms such as *DNA* (median year: 2009), *replicative senescence* (2016), *telomeres* (2017), and *telomere* (2018) were prominent. In contrast, during the 2021–2022 period, the concepts of *cellular senescence*, *placenta*, *oxidative stress*, and *preeclampsia* became central. At the most recent research frontier, *extracellular vesicles* (2023), *DNA methylation* (2024), *advanced maternal age* (2024), *trophoblast* (2025), *placental senescence* (2025), and *gestational diabetes mellitus* (2026) have emerged as prominent topics (Figure 6).

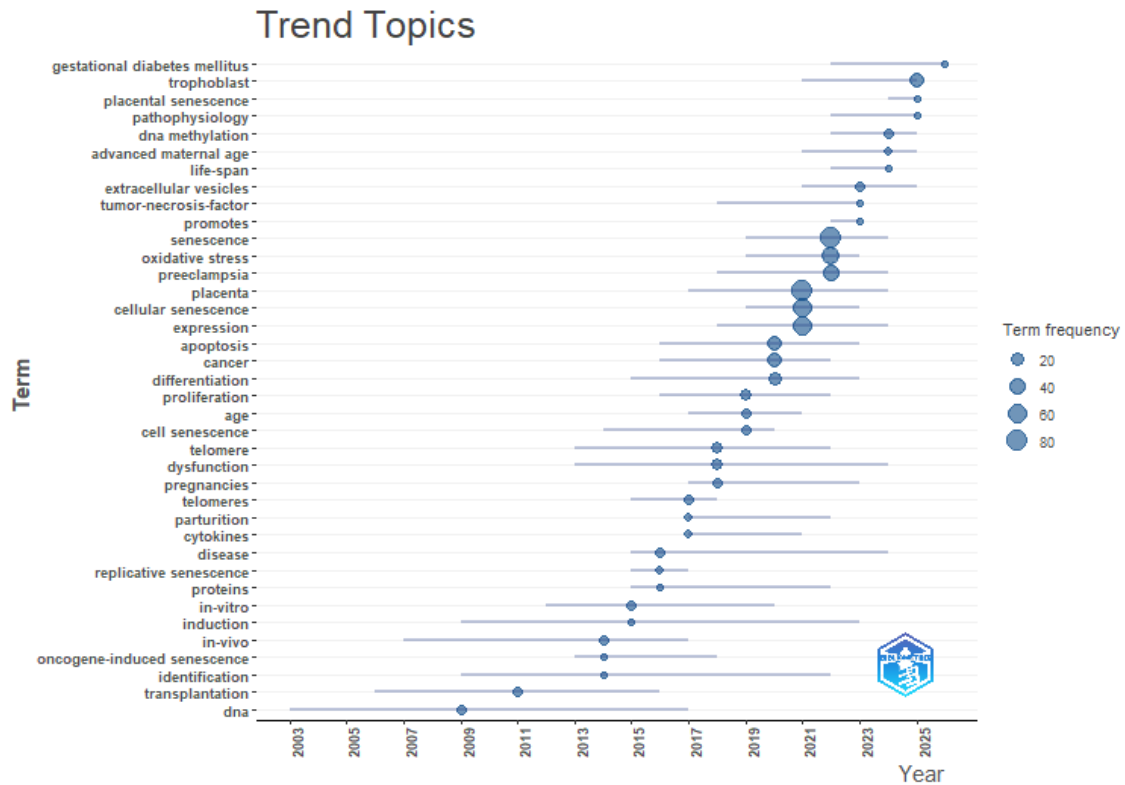


Figure 6. Interquartile time ranges and median years of emerging trend topics.

3.7. Thematic Map and Structural Organization of the Field

The thematic map identified six major thematic clusters. The *cellular senescence* cluster exhibited the highest Callon centrality (12.29), indicating the strongest connections with other themes in the field. This was followed by the *senescence* cluster (11.08), the *placenta* cluster (10.02), and the *oxidative stress* cluster (9.14) in terms of centrality (Figure 7).

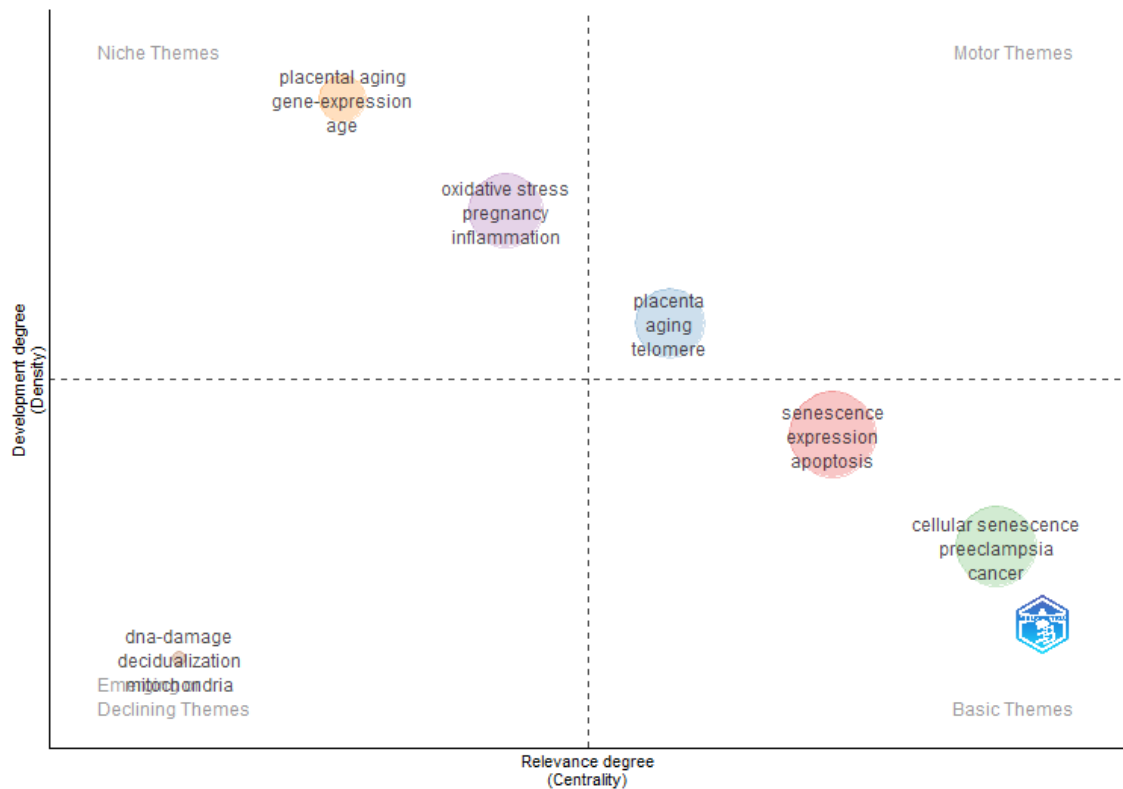


Figure 7. Callon centrality–density distribution of the thematic clusters.

In terms of density, the *placental aging* (56.68) and *oxidative stress* (53.35) clusters exhibited higher levels of internal development. This structure suggests that *cellular senescence* represents the conceptual hub of the field, whereas *placental aging* and *oxidative stress* constitute more specialized and internally mature research themes (Table 3).

Table 3. Centrality and density indicators of the thematic clusters.

Theme	Callon centrality	Callon density	Cluster frequency
Senescence	11.08	45.99	520
Placenta	10.02	50.51	313
Cellular senescence	12.29	40.97	426
Oxidative stress	9.14	53.35	358
Placental aging	5.73	56.68	160
DNA damage	4.12	40.17	60

4. DISCUSSION

4.1. Conceptual Reframing of Placental Aging

The present study demonstrates that the placental aging literature has undergone a marked paradigm shift over approximately four decades. Early studies primarily addressed placental maturation and aging in terms of gestational duration, morphological changes, and tissue maturity, whereas the contemporary literature characterizes cellular senescence as an active

biological program defined by stress responses, telomere biology, persistent DNA damage, epigenetic alterations, and the senescence-associated secretory phenotype. This transformation is consistent with the trend analysis, which revealed a shift from DNA/telomere-oriented research toward the concepts of *cellular senescence*, *oxidative stress*, *trophoblast*, and *placental senescence*.

The coexistence of the physiological and pathological roles of senescence within the placenta represents one of the most distinctive biological features of this field. Chuprin et al. (2013) demonstrated that ERVWE1-mediated trophoblast fusion activates the senescence program and that the resulting syncytiotrophoblast exhibits a senescent phenotype. In addition, Higuchi et al. (2019) reported that senescence markers emerge at different stages of gestation in cytotrophoblasts and syncytiotrophoblasts. These findings support the concept that placental senescence is not merely an indicator of dysfunction but may also represent one of the regulatory components of normal placental differentiation.

4.2. The Boundary Between Physiological Senescence and Premature Placental Aging

The distinction between physiological and pathological senescence is determined less by the presence of senescence itself than by its timing, the affected cell type, and the accompanying level of cellular stress. Sultana et al. presented a comprehensive framework linking premature placental aging to fetal growth restriction (FGR), preeclampsia, spontaneous preterm birth, and fetal death (Sultana et al., 2018). Cox and Redman emphasized that physiological senescence may contribute to placental formation through cytotrophoblast fusion and to the changes required for the initiation of term labor, whereas aberrant placental senescence may be associated with obstetric complications such as preeclampsia, preterm birth, and stillbirth (Cox & Redman, 2017).

Therefore, classifying placental senescence simply as “good” or “bad” does not adequately reflect biological reality. A more appropriate approach is to interpret senescence within the context of gestational age, cellular compartment, and pathological stress. This interpretation is further supported by the emergence of *trophoblast*, *pathophysiology*, and *placental senescence* as recent trend topics with a median year of 2025 in the present study.

4.3. Preeclampsia, Fetal Growth Restriction, and Preterm Birth

Preeclampsia, with 38 occurrences in the conceptual analysis, represents one of the most prominent clinical and pathological focuses of the field. Reduced SIRT1 expression in preeclamptic placentae and its association with trophoblast senescence have been demonstrated through the combined evaluation of histopathology, senescence markers, and extracellular

matrix alterations (Wang et al., 2022). A recent review published in 2024 integrated placental senescence into the revised two-stage model of preeclampsia and proposed that oxidative, mitochondrial, and endoplasmic reticulum stress may accelerate premature senescence (Sugulle et al., 2024).

In the context of fetal growth restriction (FGR) and stillbirth, the available evidence is biologically compelling but methodologically heterogeneous. Studies have reported placental aging-associated alterations, including telomere shortening, reduced telomerase activity, increased senescence markers, and oxidative DNA damage in cases of late small-for-gestational-age (SGA), FGR, and stillbirth. However, the available evidence remains limited, and differences in diagnostic criteria and methodologies among studies hinder the comparability of the findings (Kajdy et al., 2023). This observation is consistent with our bibliometric findings, in which the terms *telomere*, *placental aging*, *placental dysfunction*, and *stillbirth* were grouped within the same thematic structure.

4.4. A New Research Frontier: Metabolic Pregnancy Complications

The median trend year of 2026 for the term *gestational diabetes mellitus* indicates one of the newest research directions in the field. A study published in 2026 reported that, despite increased placental intervillous fibrin deposition in well-controlled GDM cases, immunohistochemical evidence of increased senescence was not prominent, although certain circulating senescence markers showed a tendency toward elevation (Fiskå et al., 2026). These findings suggest that the relationship between GDM and placental senescence is not yet as well established as that observed in preeclampsia and that this emerging bibliometric trend represents a research area that is still in its developmental stage.

4.5. Histopathological and Translational Implications

One of the major challenges in translating placental senescence research into clinical practice is the lack of a single biomarker that is sufficiently specific and broadly applicable for the identification of senescent cells. The recent MICSE guideline recommends evaluating core markers such as p16 and/or p21 for the assessment of *in vivo* senescence and supporting these with at least two additional senescence-related markers, including DNA damage, LMNB1, oxidative damage, SASP components, and SA- β -gal (Ogrodnik et al., 2024). This approach is particularly important for placental research because gestational age, cell type, and placental compartment may naturally influence the expression levels of senescence markers.

In this context, histopathological evaluation serves not only as morphological confirmation but also as a fundamental tool for determining the anatomical localization of the senescent

phenotype. Considering that syncytiotrophoblasts, cytotrophoblasts, extravillous trophoblasts, stromal cells, and vascular/endothelial compartments do not necessarily exhibit identical biological behavior, future studies should integrate immunohistochemistry/immunofluorescence-based multiplex senescence panels with histomorphometry, transcriptomics, single-cell RNA sequencing, and spatial omics approaches. Another methodological challenge is the insufficient standardization of gestational age-matched control selection. Comparing preterm preeclamptic placentae with healthy term placentae may confound the effects of pathological premature senescence with those of normal gestational maturation. Therefore, the development of trimester- or gestational age-specific reference ranges and cell type-specific senescence scoring systems will provide important translational value for future research.

4.6. Research Gaps and Future Directions

When the bibliometric and thematic findings are considered together, five major research gaps become apparent: (i) the development of standardized multiplex biomarker panels capable of distinguishing physiological from pathological senescence; (ii) the establishment of cell-specific senescence atlases for trophoblast subtypes and stromal/vascular compartments; (iii) the expansion of multicenter human placental cohorts matched for gestational age; (iv) the strengthening of mechanistic validation in phenotypes other than preeclampsia, including FGR, stillbirth, preterm birth, and GDM; and (v) the investigation of whether senolytic and senomorphic approaches can be applied during pregnancy without disrupting physiological senescence processes.

5. LIMITATIONS

The principal limitations of this study include the exclusive use of WoSCC data, dependence on the terminological scope of the Topic-based search strategy, and the fact that the year 2026 had not yet been completed. Citation indicators are influenced by publication age, while inconsistencies in the standardization of author and institutional names may lead to disambiguation errors in productivity rankings. One record in the Biblioshiny report was identified as a retracted publication; however, it was not removed post hoc in order to preserve the integrity of the analytical outputs. Owing to the long study period and the broad search strategy, a limited number of studies containing both placenta/trophoblast and senescence-related terms, but not directly investigating placental aging, were also included in the analysis. This is supported by the presence of themes such as cancer, transplantation, and stem cells in the thematic analysis, which are not directly related to the placenta. Therefore, the findings

reflect the overall scientific structure and research trends of the field rather than the clinical evidence provided by individual studies.

6. CONCLUSION

This study demonstrates that the literature on placental aging and cellular senescence published between 1983 and 2026 has evolved from a long-standing focus on morphological and gestational aging toward a modern understanding of senescence biology centered on cell type-specific mechanisms and pathological contexts. The high thematic centrality of the cellular senescence cluster indicates that cellular senescence has become the conceptual backbone linking the major research domains within the field, whereas the high thematic density of the placental aging and oxidative stress clusters suggests that these areas have developed into mature and well-established specialized research themes.

The dual role of senescence in physiological trophoblast differentiation and premature placental dysfunction suggests that not merely the presence of senescence, but also its timing, cellular context, and the accompanying stress microenvironment are critical determinants of placental function. Although preeclampsia remains the predominant clinical focus of current research, emerging topics such as trophoblast biology, advanced maternal age, DNA methylation, extracellular vesicles, and gestational diabetes mellitus (GDM) indicate a clear shift toward more cell-specific, mechanistic, and translational research. Integrating histopathological localization with multiple senescence biomarkers and advanced single-cell and spatial omics technologies appears to represent a key future research direction for establishing placental senescence as a reliable biomarker and a potential therapeutic target.

REFERENCES

- Aria M, Cuccurullo C (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics* 11, 959-975.
- Biron-Shental T, Sukenik-Halevy R, Sharon Y, Goldberg-Bittman L, Kidron D, Fejgin MD, Amiel A (2010). Short telomeres may play a role in placental dysfunction in preeclampsia and intrauterine growth restriction. *American journal of obstetrics and gynecology* 202, 381.e1-381.e7.
- Burton GJ, Jauniaux E (2015). What is the placenta? *American journal of obstetrics and gynecology* 213, S6. e1-S6. e4.
- Chuprin A, Gal H, Biron-Shental T, Biran A, Amiel A, Rozenblatt S, et al. (2013). Cell fusion induced by ERVWE1 or measles virus causes cellular senescence. *Genes & development* 27, 2356-2366.
- Cox LS, Redman C (2017). The role of cellular senescence in ageing of the placenta. *Placenta* 52, 139-145.
- Fiskå BS, Turowski G, Rocha ML, Lekva T, Ueland T, Staff AC, et al. (2026). Placenta tissue-based and circulating markers of cellular senescence in gestational diabetes mellitus. *Placenta* 177, 8-16.
- Higuchi S, Miyamoto T, Kobara H, Yamada S, Asaka R, Kikuchi N, et al. (2019). Trophoblast type-specific expression of senescence markers in the human placenta. *Placenta* 85, 56-62.
- Kajdy A, Modzelewski J, Cymbaluk-Płoska A, Kwiatkowska E, Bednarek-Jędrzejek M, Borowski D, et al. (2021). Molecular Pathways of Cellular Senescence and Placental Aging in Late Fetal Growth Restriction and Stillbirth. *International journal of molecular sciences* 22.

Kajdy A, Sys D, Modzelewski J, Bogusławska J, Cymbaluk-Płoska A, Kwiatkowska E, ve ark. (2023). Evidence of Placental Aging in Late SGA, Fetal Growth Restriction and Stillbirth-A Systematic Review. *Biomedicines* 11.

Ogrodnik M, Carlos Acosta J, Adams PD, d'Adda di Fagagna F, Baker DJ, Bishop CL, ve ark. (2024). Guidelines for minimal information on cellular senescence experimentation in vivo. *Cell* 187, 4150-4175.

Sugulle M, Fiskå BS, Jacobsen DP, Fjeldstad HE, Staff AC (2024). Placental Senescence and the Two-Stage Model of Preeclampsia. *American journal of reproductive immunology* (New York, N.Y. : 1989) 92, e13904.

Sultana Z, Maiti K, Dedman L, Smith R (2018). Is there a role for placental senescence in the genesis of obstetric complications and fetal growth restriction? *Am J Obstet Gynecol* 218, S762-s773.

Wang Y, Zhang Y, Wu Y, He Y, Xiang J, Huang J, ve ark. (2022). SIRT1 regulates trophoblast senescence in premature placental aging in preeclampsia. *Placenta* 122, 56-65.

BİBLİOMETRİK AND THEMATIC ANALYSIS OF FERROPTOSIS RESEARCH IN THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM: GLOBAL TRENDS AND SCIENTIFIC MAPPING

Research Assistant Merve Nur Güney

Ağrı İbrahim Çeçen University, School of Medicine, Department of Histology and Embryology, Ağrı, Türkiye

ORCID ID: 0009-0008-6287-5271

Assistant Professor Seçil Nazife Parlak

Ağrı İbrahim Çeçen University, School of Medicine, Department of Histology and Embryology, Ağrı, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-9577-986X

Assistant Professor Muhammet Volkan Bülbül

Ağrı İbrahim Çeçen University, School of Medicine, Department of Histology and Embryology, Ağrı, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1526-2065

ABSTRACT

Ferroptosis is a form of regulated cell death characterized by iron-dependent phospholipid peroxidation and is morphologically and biochemically distinct from apoptosis. Owing to its high oxidative metabolism, membrane composition rich in polyunsaturated fatty acids, and susceptibility to disturbances in iron homeostasis, the central nervous system (CNS) has become one of the major biological systems in which ferroptotic injury is investigated. This study aimed to elucidate the scientific production dynamics, citation impact, leading authors, institutions, countries, and journals, collaboration patterns, and conceptual trends of the literature addressing the relationship between ferroptosis and the brain/CNS during the 2023–2026 period using bibliometric methods. A total of 1,240 documents retrieved from the Web of Science Core Collection database were analyzed using the Biblioshiny interface of the Bibliometrix R package. The dataset comprised 1,240 documents published across 423 sources, involving 6,484 authors and 50,892 references. The average number of citations per document was 15.7, the average number of co-authors per document was 8.4, and the international co-authorship rate was 10.08%. Annual scientific production increased from 233 publications in 2023 to 543 in 2025; the lower number of publications recorded for 2026 ($n = 49$) was attributed to data retrieval being conducted before the end of the year. *Molecular Neurobiology* was the most productive journal with 42 publications, Liu Y was the most productive author with 40 publications, and Central South University was the most productive institution with 98 publications. In terms of corresponding-author country, China was markedly dominant, accounting for 1,033 documents (83.31%). The most highly cited study was the 2024 *Cell* article by Qiu et al., with 301 citations. The most prominent concepts included “ferroptosis” (927), “oxidative stress” (215), “brain” (202), “cell-death” (159), and “iron” (144). Trend analysis indicated that ischemic stroke, Alzheimer’s disease, and the GPX4 axis are among the

current research directions. Overall, the findings demonstrate that the CNS–ferroptosis literature is rapidly expanding but remains strongly centered on China in terms of national and institutional contributions, with oxidative stress, iron/lipid metabolism, neuroinflammation, and ferroptosis-targeted therapies constituting the major research axes of the field.

Keywords: Ferroptosis, Central Nervous System, Oxidative Stress, Lipid Peroxidation, Iron.

INTRODUCTION

The term ferroptosis was first introduced by Dixon et al. (2012) to describe a distinct form of iron-dependent and caspase-independent cell death. This process is characterized by an increase in the cellular labile iron pool, oxidative damage to phospholipids, and impairment of antioxidant defense systems (Dixon et al., 2012). Subsequent studies have demonstrated that ferroptosis is not merely a form of oxidative cell death but rather a multilayered biological program occurring at the intersection of iron metabolism, amino acid metabolism, lipid remodeling, mitochondrial function, and redox homeostasis (Jiang et al., 2021; Tang et al., 2021).

One of the principal molecular determinants of ferroptosis is the glutathione peroxidase 4 (GPX4) system. Reduced cysteine availability through system Xc[−], impaired glutathione synthesis, or suppression of GPX4 activity can promote the accumulation of phospholipid hydroperoxides and thereby facilitate ferroptotic cell death. Conversely, NRF2, FSP1–CoQ10, and other antioxidant defense pathways play important roles in determining the cellular threshold for ferroptosis (Jiang et al., 2021; Yan et al., 2021).

Ferroptosis is of particular importance in the context of the central nervous system (CNS) because of its potential contribution to pathophysiological processes. The neuronal tissue is particularly susceptible to lipid peroxidation-mediated injury due to its membrane composition rich in oxidation-sensitive polyunsaturated fatty acids and its dependence on iron metabolism. Accordingly, ferroptosis has been investigated in a wide range of neurological conditions, including ischemic stroke, brain injury, Alzheimer’s disease, and Parkinson’s disease. Experimental evidence has demonstrated an association between ferroptosis, ischemic brain injury, and neuroinflammation and further suggests that mechanisms such as iron export, ACSL4-mediated lipid metabolism, and antioxidant defense systems may play critical roles in these processes (Cui et al., 2021; Tuo et al., 2017).

The rapid growth of the ferroptosis literature in recent years has made it necessary not only to evaluate individual experimental findings but also to comprehensively map the scientific structure of the field. Bibliometric analysis enables the quantitative examination of large-scale

scientific literature in terms of publication productivity, citation impact, collaboration networks, and conceptual structure. Bibliometrix/Biblioshiny is an open-source R ecosystem that integrates performance analysis and science mapping methods within a single framework for this purpose (Aria and Cuccurullo, 2017). Although the literature on the relationship between ferroptosis and the brain has previously been evaluated using bibliometric methods, that study covered scientific production only up to 2021 (Miao et al., 2022). Therefore, reassessing the current structure of scientific production, collaboration patterns, and thematic orientations of the rapidly expanding literature in recent years is important. In the present study, we provide an updated overview of the ferroptosis–brain/CNS literature during the 2023–2026 period and evaluate future research directions in the field.

STUDY FIELD AND SCOPE

The study population comprised publications indexed in the Web of Science Core Collection that jointly addressed the concepts of ferroptosis and the brain or central nervous system. The analysis covered the period from 2023 to 2026. The dataset was constructed using a search strategy designed to identify publications addressing ferroptosis in the context of the brain/CNS, and records classified as “article” were included in the analysis. The Biblioshiny report contained a total of 1,240 records, including 1,226 standard articles, 12 article/early access records, one article flagged with an “expression of concern,” and one article flagged as a “retracted publication.” The two records flagged as an “expression of concern” and a “retracted publication,” which were identified after completion of the bibliometric analyses, were not retrospectively removed from the dataset in order to preserve numerical consistency with the existing Biblioshiny and Excel outputs. Their inclusion in the dataset was instead addressed as a limitation of the study (Table 1).

Table 1. Basic bibliometric indicators of the dataset.

Indicator	Value
Time span	2023–2026
Number of sources	423
Number of documents	1,240
Average document age	1.67 years
Average citations per document	15.7
Total references	50,892
Keywords Plus (ID)	1,857
Author's Keywords (DE)	2,747
Number of authors	6,484
Single-authored documents	3

Co-authors per document	8.4
International co-authorship	10.08%

MATERIALS AND METHODS

Bibliographic data were retrieved from the Web of Science Core Collection (Clarivate) database. The search strategy was structured in the Topic (TS) field to identify publications addressing ferroptosis in the context of the brain/CNS [TS=(ferroptosis) AND TS=(brain OR central nervous system)]. The timespan filter was set to 2023–2026, and records classified as articles were exported with full records and cited references. The analysis was conducted based on the Biblioshiny report generated on July 21, 2026. Therefore, because 2026 was not yet complete at the time of data retrieval, annual scientific production indicators for that year were interpreted with this timing in mind.

Raw WoS data were analyzed using Biblioshiny, the graphical user interface of the Bibliometrix R package (Aria and Cuccurullo, 2017). Performance analysis included the number of documents and sources, annual scientific production, average citations, the most productive journals, authors, institutions, and countries, as well as impact indicators such as the h-index. Science mapping analyses included keyword frequencies, trend topics, thematic mapping, and international co-authorship patterns. For country-level analyses, the SCP/MCP table based on the corresponding author's country was primarily used because it allows direct comparison with the total number of documents.

RESULTS AND DISCUSSION

Annual Scientific Production

A total of 1,240 documents were published during the 2023–2026 period. Annual scientific production increased from 233 documents in 2023 to 415 in 2024 and 543 in 2025. Thus, the number of publications increased by approximately 133% between 2023 and 2025, corresponding to an approximate two-year compound annual growth rate of 52.7%. The 49 documents recorded for 2026 reflect the incomplete-year effect because the report was generated on July 21, 2026. Consequently, the –40.53% annual growth rate reported by Biblioshiny based on the entire 2023–2026 series should not be interpreted as an actual contraction of the field. Instead, the trend across the complete years from 2023 to 2025 indicates a marked expansion of scientific activity in ferroptosis and CNS research (Figure 1).

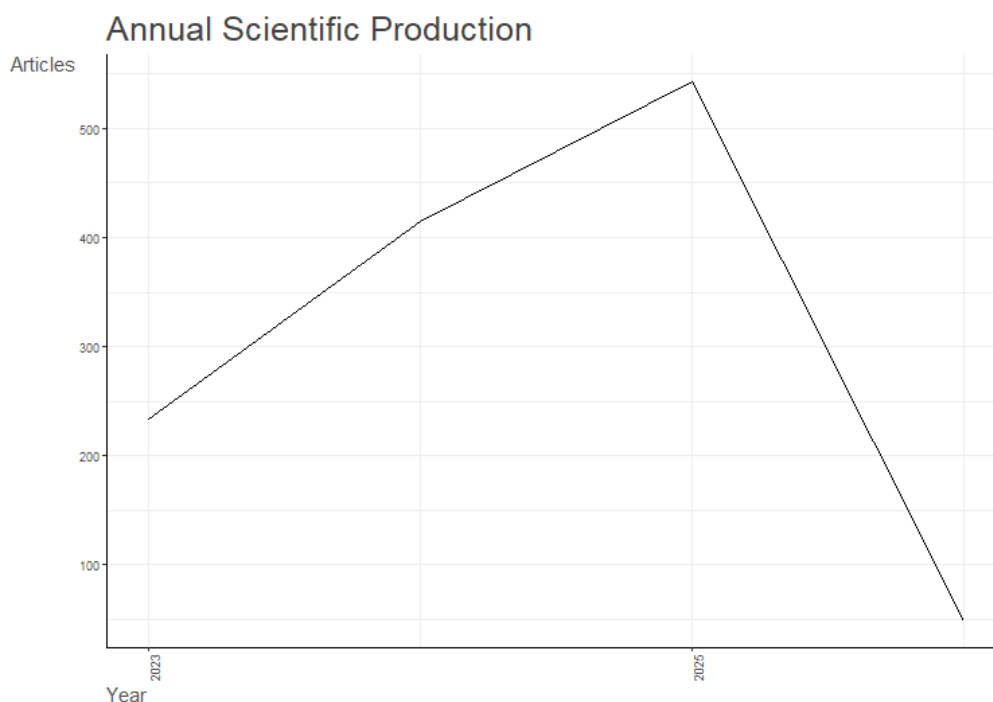


Figure 1. Annual scientific production (2023–2026).

Most Productive and Influential Journals

Molecular Neurobiology was the most productive journal in the field, with 42 articles, while *Free Radical Biology and Medicine* and *Phytomedicine* shared second place with 29 articles each. *CNS Neuroscience & Therapeutics* (26) and *Redox Biology* (24) were among the other leading sources. This distribution demonstrates that the literature is strongly represented not only in conventional neuroscience journals but also in journals focusing on redox biology, pharmacology, and natural product research (Figure 2).

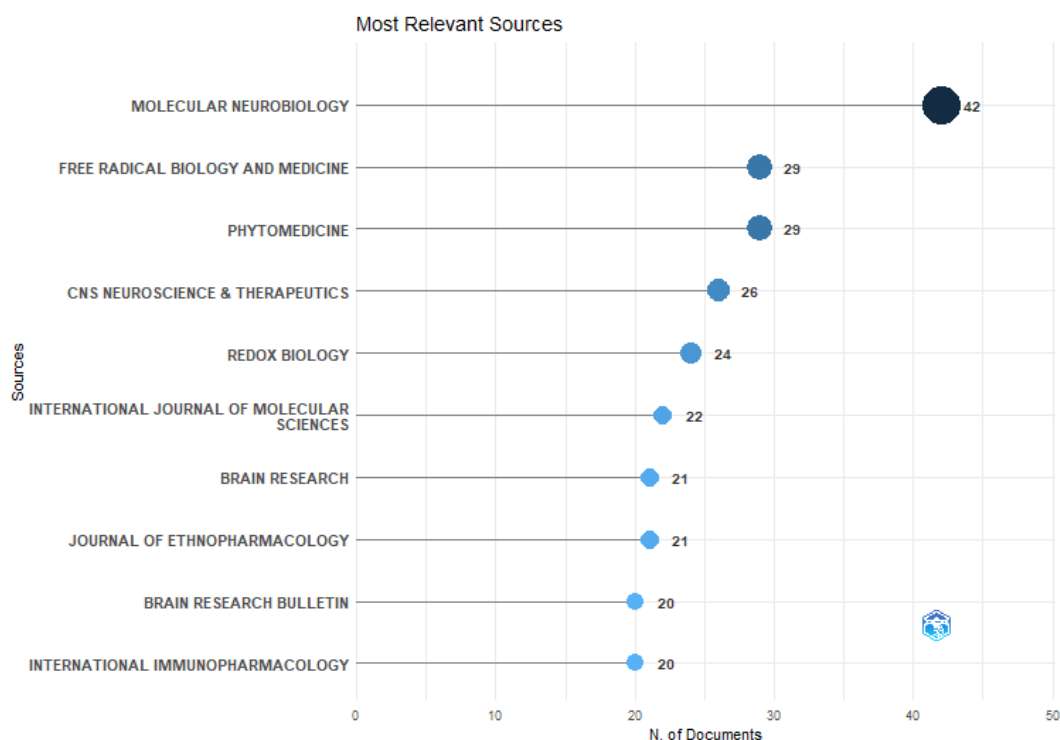


Figure 2. Top 10 most productive journals.

When journal impact was evaluated independently of publication output, *Phytomedicine* ranked first with an h-index of 16, followed by *Molecular Neurobiology* with an h-index of 15, while *Free Radical Biology and Medicine* and *Redox Biology* each reached an h-index of 14. Thus, the partial divergence between the centers of publication productivity and scientific impact reflects the multidisciplinary nature of ferroptosis research, encompassing both mechanistic and therapeutic perspectives (Table 2).

Table 2. Top 10 most productive journals.

Journal	Articles
Molecular Neurobiology	42
Free Radical Biology and Medicine	29
Phytomedicine	29
CNS Neuroscience & Therapeutics	26
Redox Biology	24
International Journal of Molecular Sciences	22
Brain Research	21
Journal of Ethnopharmacology	21
Brain Research Bulletin	20
International Immunopharmacology	20

Authors and Institutions

In terms of author productivity, Liu Y ranked first with 40 articles, followed by Wang Y with 38, Wang J with 27, Zhang Y with 26, and Zhang J with 25 articles. Regarding local impact

indicators, Wang Y held a prominent position with an h-index of 14 and a total of 896 citations, while Liu Y also demonstrated a strong combination of productivity and impact, with an h-index of 14 and 566 citations. However, the prevalence of common Chinese surnames and the use of initial-based author naming conventions in WoS may increase the risk of author disambiguation errors. Therefore, author-level findings should be interpreted with this methodological limitation in mind (Table 3).

Table 3. Top 10 most productive authors

Author	Articles
LIU Y	40
WANG Y	38
WANG J	27
ZHANG Y	26
ZHANG J	25
LI J	23
ZHANG L	22
ZHAO Y	22
CHEN L	21
LI M	21

In terms of institutional productivity, Central South University ranked first with 98 articles. Wenzhou Medical University (73), Soochow University–China (72), Fujian Medical University (70), and Capital Medical University (67) were also among the leading institutions. The fact that nearly all of the top 10 most productive institutions are based in China is consistent with the country’s dominant position in scientific output. This concentration suggests that ferroptosis is being investigated in China through extensive and strategically organized research networks, particularly in the context of neurological diseases and experimental brain injury (Table 4).

Table 4. Top 10 most productive institutions.

Institution	Articles
Central South University	98
Wenzhou Medical University	73
Soochow University - China	72
Fujian Medical University	70
Capital Medical University	67
Fudan University	64
Shanghai Jiao Tong University	62
Harbin Medical University	61
Wuhan University	58
Nanjing Medical University	52

Distribution by Country and International Collaboration

Based on the corresponding author's country, China ranked first by a substantial margin, with 1,033 documents accounting for 83.31% of the total publications. The United States ranked second with 68 documents (5.48%), followed by India with 13 documents (1.05%). Germany and South Korea were represented by 12 documents each, Japan by 11, and Türkiye by 10 documents. In terms of citation impact, China ranked first with a total of 16,409 citations, whereas Canada achieved a high average of 55 citations per article, indicating that some countries may make selective yet highly influential contributions despite having a lower publication volume.

The relatively low international co-authorship rate of 10.08% is one of the notable characteristics of the field. Of the 1,033 China-affiliated documents, 971 were single-country publications (SCP), whereas 62 involved multiple-country collaboration (MCP), corresponding to an MCP ratio of 6.00% for China. In contrast, Australia (55.56%), Canada (66.67%), and the Netherlands (100%, based on a small number of documents) exhibited substantially higher levels of international collaboration. These findings indicate that, despite the rapid growth in scientific output, international research networks could be further strengthened, particularly among the countries dominating scientific production in the field (Figure 3).

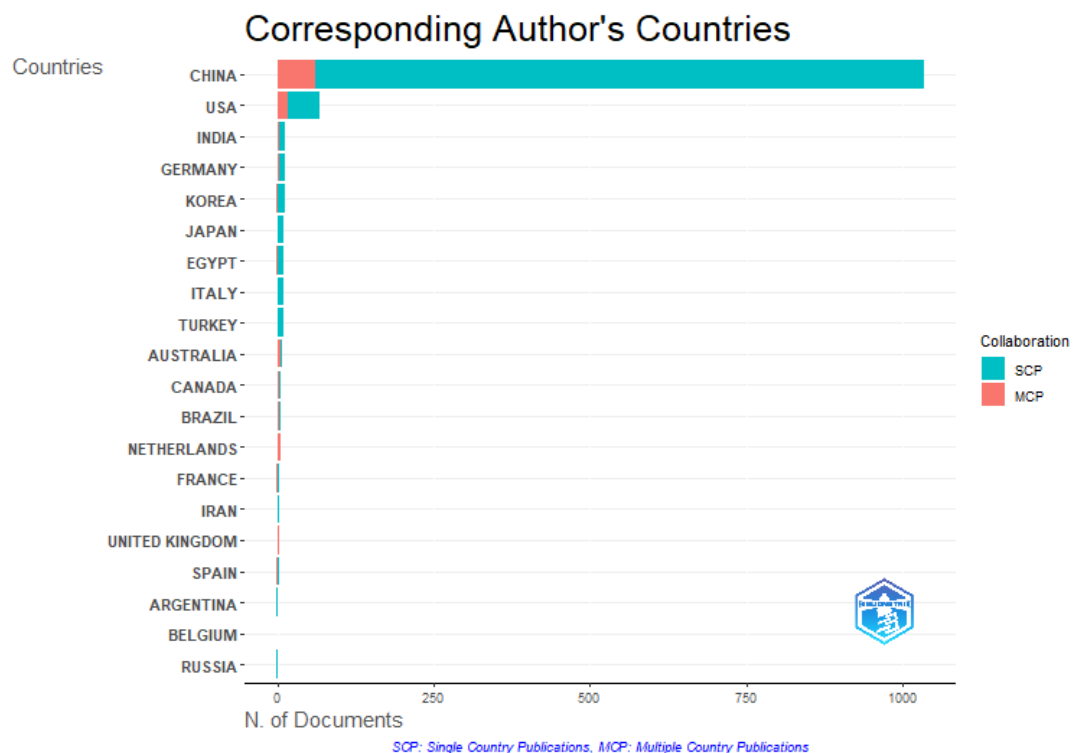


Figure 3. Top 10 countries based on the corresponding author's country.

Most Highly Cited Studies and Intellectual Foundations

In the document-level global citation analysis, the most highly cited study was that of Qiu et al. (2024), published in *Cell* in 2024 (301 citations; 100.3 citations/year). This study demonstrated that phospholipids containing two polyunsaturated fatty acid chains may increase susceptibility to ferroptosis and influence the mitochondrial reactive oxygen species–lipid peroxidation axis (Qiu et al., 2024). The second most highly cited study, published in *Phytomedicine* in 2024, received 275 citations and reported that quercetin may suppress hippocampal ferroptosis through the Nrf2/HO-1 axis in a model of diabetic encephalopathy (Cheng et al., 2024). Ranking third with 224 citations, the study by Hirata et al. demonstrated that lipid peroxidation contributes to the execution of ferroptotic cell death by increasing membrane tension and Piezo1 channel activity (Hirata et al., 2023). Taken together, these three studies indicate that the field encompasses a broad mechanistic spectrum ranging from fundamental lipid biology to neuroprotective therapeutic approaches and membrane biophysics (Figure 4).

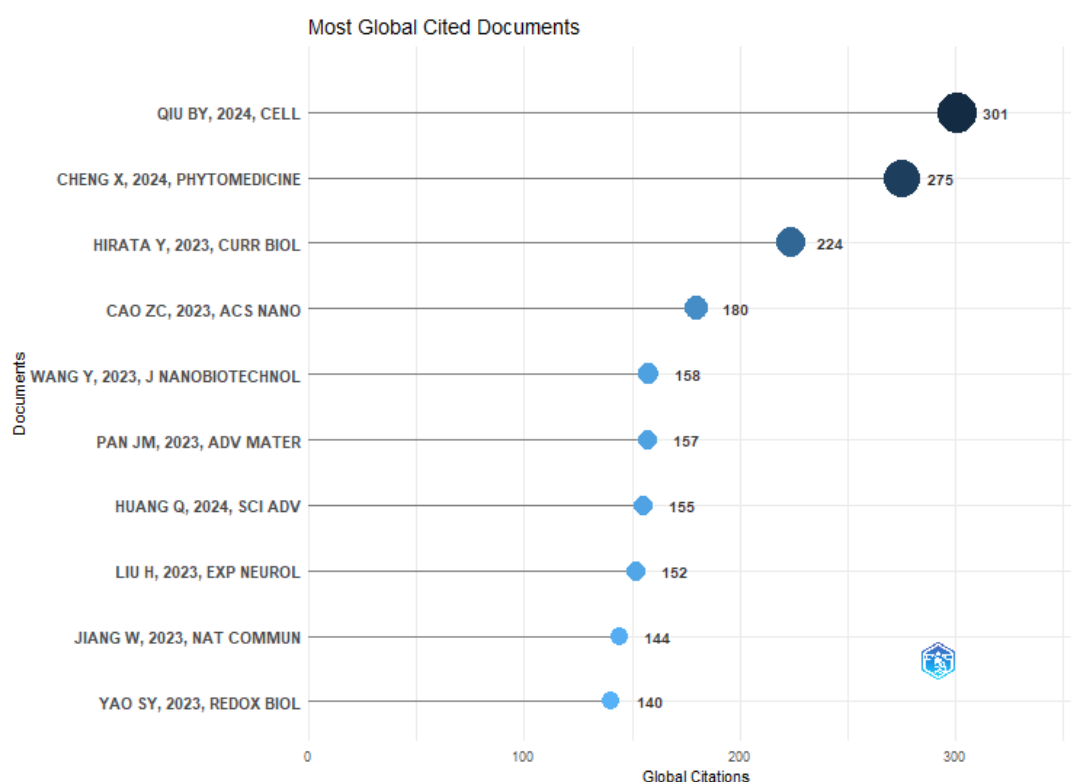


Figure 4. Top 10 documents with the highest global citation counts.

Local citation analysis indicates that the intellectual foundation of the current CNS–ferroptosis literature is rooted in seminal studies on ferroptosis. The study by Dixon et al., published in *Cell* in 2012, stands out as the most frequently cited reference within the dataset, with 465 local citations. This was followed by the 2021 review by Jiang et al. in *Nature Reviews Molecular Cell Biology* (248 local citations) (Jiang et al., 2021) and the 2017 review by Stockwell et al. in

Cell (212 local citations) (Stockwell et al., 2017). These findings demonstrate that pioneering studies defining ferroptosis, elucidating its fundamental metabolic and redox mechanisms, and establishing its relationship with disease biology continue to provide the core scientific framework for contemporary research on ferroptosis in neurological contexts (Figure 5).

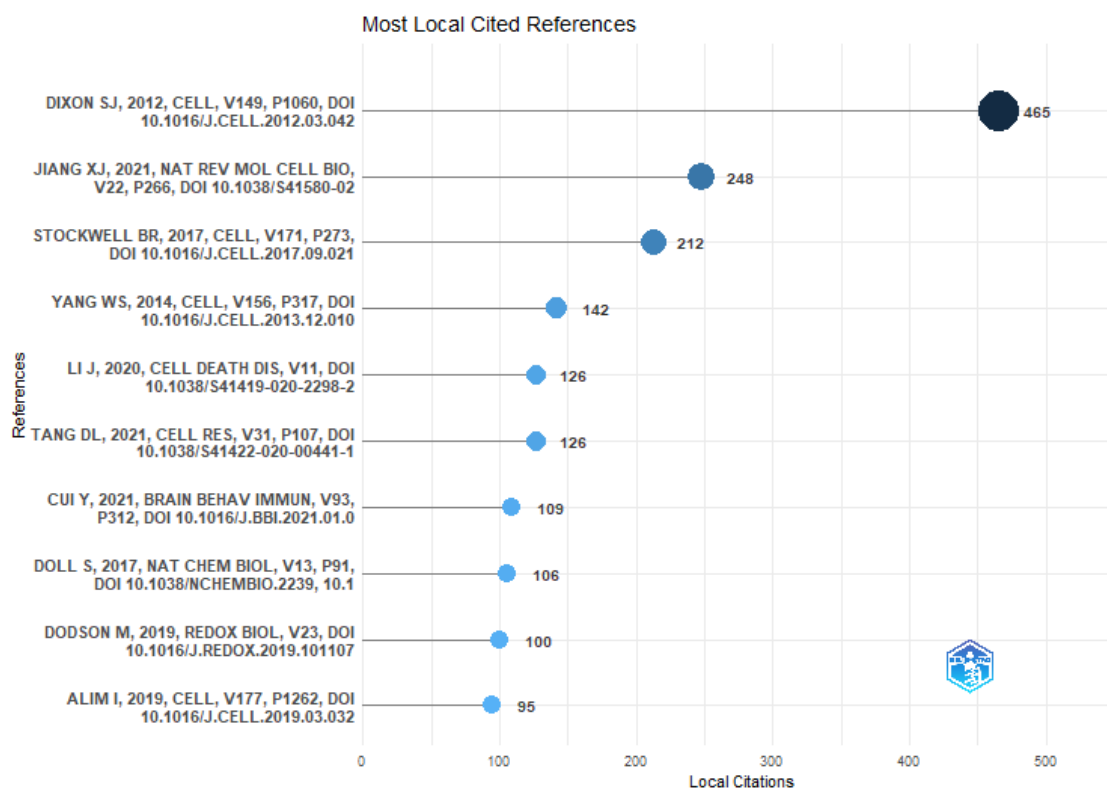


Figure 5. Top 10 most locally cited references in the dataset.

Keywords, Trend Topics, and Thematic Structure

In the keyword/Keywords Plus frequency analysis, “ferroptosis” ranked first by a substantial margin, with 927 occurrences. It was followed by “oxidative stress” (215), “brain” (202), “cell-death” (159), “iron” (144), “expression” (119), “mechanisms” (117), “inflammation” (107), “apoptosis” (104), and “activation” (103). This pattern indicates that the field extends beyond iron metabolism and lipid peroxidation and intersects with inflammation, other forms of cell death, and molecular expression networks (Figure 6).

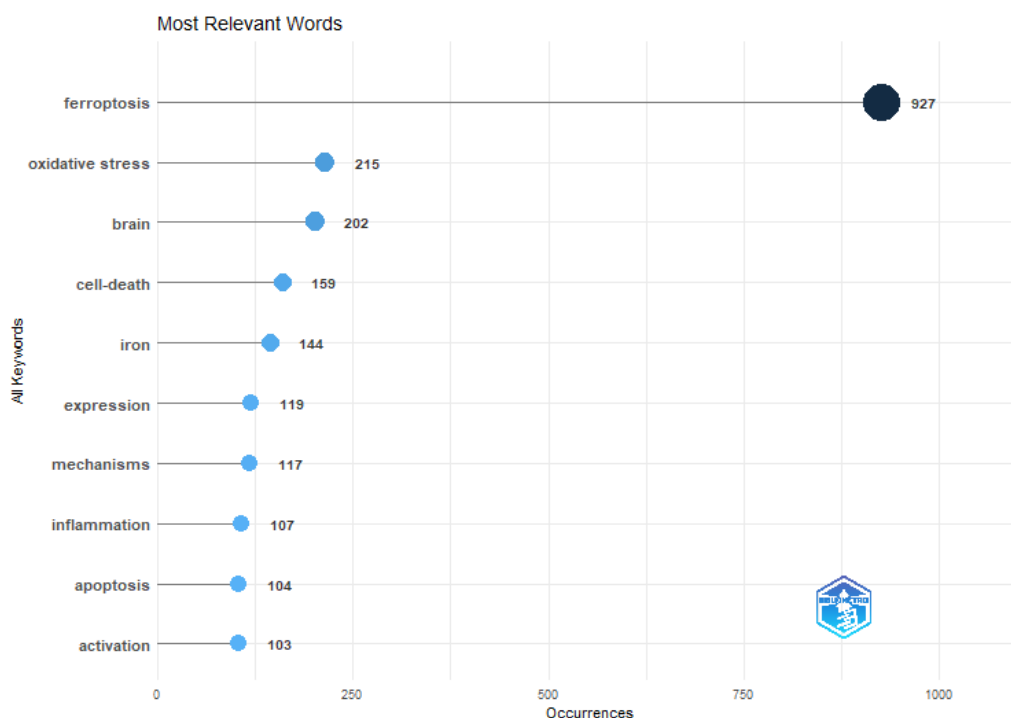


Figure 6. Most frequently used key concepts.

Trend topic analysis showed that while ferroptosis and oxidative stress maintained their central positions during 2024–2025, concepts such as ischemic stroke, Alzheimer’s disease, and GPX4 became increasingly prominent. “Ischemic stroke” with 90 occurrences, “Alzheimer’s disease” with 64 occurrences, and “GPX4” with 58 occurrences were among the emerging themes with a median year of 2025. This trend suggests that ferroptotic mechanisms are increasingly being investigated as a common redox–metabolic axis linking acute cerebrovascular injury and chronic neurodegeneration.

The thematic map revealed three major clusters. The “ferroptosis” cluster exhibited the highest Callon centrality (4.996) and included concepts such as inflammation, ischemic stroke, neuroinflammation, NRF2, GPX4, microglia, and traumatic brain injury. This structure indicates that ferroptosis represents the principal conceptual axis connecting the other major themes within the field. The “oxidative stress” cluster comprised concepts including brain, iron, lipid peroxidation, Alzheimer’s disease, Parkinson’s disease, ACSL4, mitochondria, and iron metabolism, forming a strong biochemical and disease-mechanism axis. The “expression” cluster included terms such as glioblastoma, glioma, nanoparticles, delivery, therapy, and ferritinophagy and exhibited relatively lower centrality but higher internal density (Figure 7). Accordingly, ferroptosis targeting in glioma/glioblastoma and nanocarrier-based therapeutic approaches can be considered a well-developed and specialized research subfield.

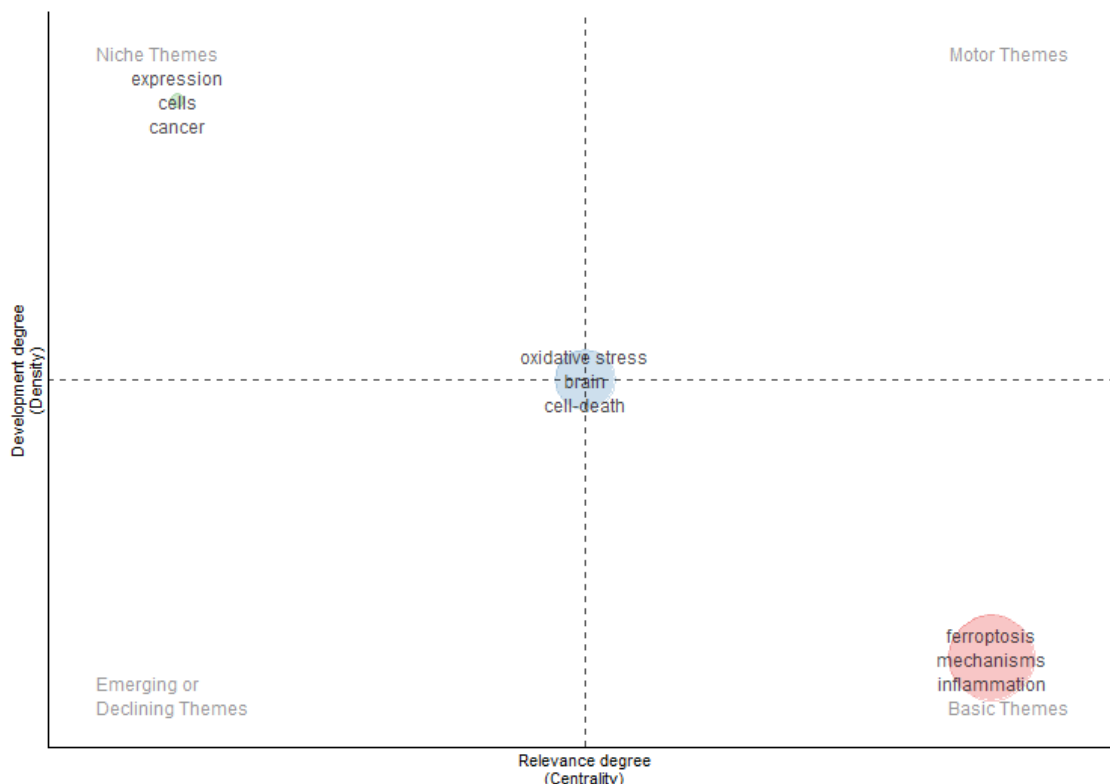


Figure 7. Callon centrality and density values of thematic clusters.

Overall Assessment and Research Gaps

The bibliometric findings indicate that the rapidly evolving ferroptosis–CNS literature during the 2023–2026 period has concentrated around three major research axes: (i) the roles of iron metabolism, lipid peroxidation, and molecular regulators such as GPX4 and NRF2 in ferroptotic cell death; (ii) the investigation of ferroptosis in the context of neuroprotective strategies for ischemic stroke, brain injury, and neurodegenerative diseases; and (iii) the therapeutic induction of ferroptosis in CNS tumors, particularly glioblastoma, together with nanotechnology-based targeting approaches. These research axes demonstrate that ferroptosis cannot be regarded as a unidirectional therapeutic target in neurological diseases. While inhibition of ferroptosis is considered a potential neuroprotective strategy in degenerative and ischemic disorders, induction of ferroptosis in malignancies such as glioblastoma is being explored as a potential therapeutic approach to overcome treatment resistance.

Several research gaps emerge with regard to future studies. First, despite the high publication volume, the international co-authorship rate remaining at approximately 10% indicates insufficient multicenter and comparable research networks. Second, although numerous studies have demonstrated ferroptosis in animal and cellular models, clinical validation, reliable biomarkers, and specific criteria for identifying ferroptosis in humans remain major translational challenges. Third, the disease-specific hierarchy among pathways and mechanisms

involving GPX4, NRF2, ACSL4, ferritinophagy, and mitochondria needs to be established. Finally, the rapidly expanding nanotechnology literature in glioblastoma and drug delivery systems indicates that ferroptosis modulators capable of crossing the blood–brain barrier require further validation in terms of safety and target selectivity.

CONCLUSIONS

This bibliometric analysis revealed that the WoS literature comprising 1,240 documents addressing the relationship between ferroptosis and the brain/CNS during the 2023–2026 period exhibited substantial scientific growth within a relatively short period. The increase in the number of publications from 233 in 2023 to 543 in 2025 demonstrates the rapid expansion of the field; however, the 2026 data are not suitable for direct annual comparison because they were retrieved before the end of the year. *Molecular Neurobiology* emerged as the leading journal in terms of productivity, whereas *Phytomedicine* ranked highest in terms of local h-index. China was markedly dominant in both document and institutional productivity; however, the relatively low level of international co-authorship suggests that the global collaborative capacity of the field could be further strengthened.

Conceptual analyses demonstrated that ferroptosis constitutes a central research framework in the neurological literature alongside oxidative stress, iron/lipid metabolism, neuroinflammation, and the GPX4/NRF2 axis. Ischemic stroke, Alzheimer’s disease, and GPX4 emerged as prominent current research trends, whereas glioblastoma, nanocarrier systems, and the therapeutic induction of ferroptosis have become increasingly evident as a specialized research subfield. Future research focusing on standardized ferroptosis biomarkers, translational validation using human data, disease-specific target selection, and international multicenter collaborations may enhance the clinical relevance of the field.

The main limitations of this study include the exclusive use of the Web of Science Core Collection, the restriction of the search strategy to specific topic terms, the incomplete coverage of 2026, and the post hoc retention of two records flagged by WoS as a “retracted publication” and an “expression of concern” in order to preserve the integrity and numerical consistency of the analytical outputs. In addition, the presentation of author names using initials may lead to author disambiguation errors, particularly for common surnames. Future comparative studies incorporating additional databases such as Scopus or PubMed, together with cleaned and standardized author and institutional data, may provide a more comprehensive representation of the field.

REFERENCES

- Aria M,Cuccurullo C (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics* 11, 959-975.
- Cheng X,Huang J,Li H,Zhao D,Liu Z,Zhu L, ve ark. (2024). Quercetin: A promising therapy for diabetic encephalopathy through inhibition of hippocampal ferroptosis. *Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology* 126, 154887.
- Cui Y,Zhang Y,Zhao X,Shao L,Liu G,Sun C, ve ark. (2021). ACSL4 exacerbates ischemic stroke by promoting ferroptosis-induced brain injury and neuroinflammation. *Brain, behavior, and immunity* 93, 312-321.
- Dixon SJ,Lemberg KM,Lamprecht MR,Skouta R,Zaitsev EM,Gleason CE, ve ark. (2012). Ferroptosis: an iron-dependent form of nonapoptotic cell death. *Cell* 149, 1060-1072.
- Hirata Y,Cai R,Volchuk A,Steinberg BE,Saito Y,Matsuzawa A, ve ark. (2023). Lipid peroxidation increases membrane tension, Piezo1 gating, and cation permeability to execute ferroptosis. *Current biology : CB* 33, 1282-1294.e1285.
- Jiang X, Stockwell BR,Conrad M (2021). Ferroptosis: mechanisms, biology and role in disease. *Nature reviews. Molecular cell biology* 22, 266-282.
- Miao M,Han Y,Wang Y,Yang Y,Zhu R,Sun M, ve ark. (2022). The research landscape of ferroptosis in the brain: A bibliometric analysis. *Frontiers in pharmacology* 13, 1014550.
- Qiu B,Zandkarimi F,Bezjian CT,Reznik E,Soni RK,Gu W, ve ark. (2024). Phospholipids with two polyunsaturated fatty acyl tails promote ferroptosis. *Cell* 187, 1177-1190.e1118.
- Stockwell BR,Friedmann Angeli JP,Bayir H,Bush AI,Conrad M,Dixon SJ, ve ark. (2017). Ferroptosis: A Regulated Cell Death Nexus Linking Metabolism, Redox Biology, and Disease. *Cell* 171, 273-285.
- Tang D, Chen X, Kang R,Kroemer G (2021). Ferroptosis: molecular mechanisms and health implications. *Cell research* 31, 107-125.
- Tuo QZ,Lei P,Jackman KA,Li XL,Xiong H,Li XL, ve ark. (2017). Tau-mediated iron export prevents ferroptotic damage after ischemic stroke. *Molecular psychiatry* 22, 1520-1530.
- Yan HF,Zou T,Tuo QZ,Xu S,Li H,Belaidi AA, ve ark. (2021). Ferroptosis: mechanisms and links with diseases. *Signal transduction and targeted therapy* 6, 49.

A MULTI-TARGET THERAPEUTIC APPROACH FOR RHEUMATOID ARTHRITIS USING SYSTEMS PHARMACOLOGY AND NANOTECHNOLOGY

Sidra Altaf

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7717-1375>

Department of Pharmacy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Email: sidra.altaf@uaf.edu.pk

Abstract

Rheumatoid arthritis (RA) is a progressive autoimmune disorder characterized by chronic synovial inflammation, cartilage destruction, and irreversible bone erosion. Conventional therapies primarily target individual inflammatory mediators but often fail to achieve sustained remission while causing significant adverse effects during prolonged administration. Therefore, multi-target therapeutic strategies capable of simultaneously modulating interconnected inflammatory pathways have gained increasing attention. This study explores an integrated systems pharmacology and nanotechnology approach for developing effective treatments against RA. Disease-associated genes and signaling pathways were identified through systems pharmacology analyses, followed by network construction to determine key molecular targets including TNF- α , IL-1 β , IL-6, NF- κ B, JAK/STAT, and MAPK pathways. Candidate phytoconstituents with multitarget potential were prioritized using molecular docking and pathway enrichment analyses. Selected compounds were subsequently encapsulated within biodegradable nanoparticle-based delivery systems to improve solubility, stability, bioavailability, and targeted delivery to inflamed joints. Computational findings revealed strong interactions between phytochemicals and multiple inflammatory mediators, indicating the potential to suppress cytokine production, oxidative stress, immune cell activation, and synovial hyperplasia simultaneously. Experimental evaluations demonstrated enhanced anti-inflammatory activity, improved cellular uptake, sustained drug release, and reduced cytotoxicity compared with free compounds. Nanocarrier-mediated delivery significantly increased therapeutic efficacy while minimizing systemic exposure and potential adverse effects. Integration of systems pharmacology with nanotechnology provided comprehensive insights into disease mechanisms and facilitated rational therapeutic design. This multidisciplinary strategy supports the development of personalized, mechanism-based interventions capable of addressing the complex pathogenesis of RA through coordinated modulation of multiple biological pathways. Future investigations should focus on in vivo pharmacokinetic evaluation, long-term biosafety, and clinical translation to establish nanoparticle-assisted multi-target phytotherapeutics as promising alternatives for the effective management of rheumatoid arthritis.

Keywords: Rheumatoid arthritis; Systems pharmacology; Nanotechnology; Phytochemicals; Drug delivery; Multi-target therapy.

BAŞ BOYUN RADYOTERAPİSİNE BAĞLI LENF DÜĞÜMÜ HASARINDA OZON, GLUTATYON VE RESVERATROLÜN KORUYUCU ETKİLERİNİN HİSTOPATOLOJİK VE APOPTOTİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr.Öğr.Üy.Emine KIZILAY

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu

ORCID: 0000-0003-0300-6064

Dr.Öğr.Üy.Esra ERDEM

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Tıp Fakültesi Histoloji-Embriyoloji ABD.

ORCID: 0000-0001-9031-9530

ÖZET

Radyoterapi, baş ve boyun kanserlerinin tedavisinde temel modalitelerdendir. Ancak iyonize radyasyon, sağlıklı hücrelerde oluşturduğu DNA hasarı, reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi ve enflamasyonu aktive ederek, sağlıklı dokularda ve lenf nodlarında kalıcı histopatolojik hasarlara yol açmaktadır. Yapılan çalışmalarda hormetik etkili ozon, doğrudan radikal süpürücü glutatyon ve polifenolik bir modülatör olan resveratrol; hücrelerde antioksidan kapasiteyi artırarak serbest radikal üretimini engellediği gösterilmiştir.

Bu çalışmada, antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-apoptotik özelliklere sahip bu üç ajanın sağlıklı dokuları ve lenf nodu mikromimarisini radyoterapinin sitotoksik etkilerinden ne derecede koruyabildiği histopatolojik bulgular ışığında incelenmiştir.

Çalışmamızda 36 adet Wistar Albino cinsi dişi ratlar kullanıldı. Hayvanlar 6 gruba ayrıldı (n=6). **Kontrol grubu (G1)** 5 gün boyunca intraperitoneal (ip) olarak 1,5 cc izotonik uygulandı. **Sham grubu (G2)**'ye 5 gün boyunca resveratrolün çözücüsü olan DMSO+izotonik 1.5 cc ip olarak uygulandı. **Radyoterapi grubuna (G3)**, hiçbir şey uygulanmaksızın, diğer gruplarla birlikte 6.gün 16 Gy radyoterapi uygulandı. **Ozon+radyoterapi grubuna (G4)**, 5 gün ip 1,5 cc ozon uygulandı. Glutatyon+ozon grubuna (G5) 5 gün ip 1,5 cc glutatyon (izotonikte çözünerek) uygulandı. **Resveratrol+ radyoterapi grubuna (G6)** 5 gün ip 1,5 cc resveratrol (DMSO+izotonikte çözünerek) uygulandı. G1 hariç tüm gruplara 6.gün 16 Gy baş boyun bölgesine radyoterapi verildi. Radyoterapiden 10 gün sonra hayvanlar sakrifiye edildi. Servikal lenf nodları disseke edildi

Dokular Hematoksilen-Eosin (HE) ve Tunel ile incelendi.. **G1** ve **G2** gruplarında lenf düğümü yapısının korunduğu, normal lenfoid folliküller ve yoğun lenfosit popülasyonu izlendi. **G3** grubunda lenfoid follikül yapısında bozulma, lenfosit yoğunluğunda azalma, artmış piknotik/apoptotik hücreler gözlemlendi. **G4** grubunda, **G3'e kıyasla** lenfoid yapısının kısmen korunduğu ve apoptotik değişikliklerin azaldığı izlendi. **G5** grubunda follikül yapısının daha düzenli olduğu, lenfosit yoğunluğunun arttığı ve apoptotik hücre sayısının azaldığı görüldü. **G6**

grubunda ise lenf düğümü yapısının korunduğu, lenfoid folliküllerin normale yakın görünüm sergilediği ve apoptotik değişikliklerin düşük düzeyde olduğu saptandı. Tünel immunfloresan boyamada ise **G4**, **G5** ve **G6** gruplarında radyoterapi grubuna kıyasla TUNEL pozitif hücre sayısında belirgin azalma gözlemlendi.

Sonuç olarak, baş boyun radyoterapisinde, radyoterapi öncesi verilen ozon, glutatyon ve resveratrol, radyoterapinin servikal lenf nodları üzerindeki hasarı büyük ölçüde önlediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi, ozon, glutatyon, Resveratrol, Lenf Nodu

HISTOPATHOLOGICAL AND APOPTOTIC EVALUATION OF THE PROTECTIVE EFFECTS OF OZONE, GLUTATHIONE, AND RESVERATROL IN LYMPH NODE DAMAGE ASSOCIATED WITH HEAD AND NECK RADIOTHERAPY
ABSTRACT

Radiotherapy is a fundamental modalities in the treatment of head and neck cancers. However, ionizing radiation causes permanent histopathological damage in healthy tissues and lymph nodes by damaging DNA in healthy cells, producing reactive oxygen species (ROS), and activating inflammation. Studies have shown that ozone with hormetic effects, glutathione as a direct radical scavenger, and resveratrol, a polyphenolic modulator, increase antioxidant capacity in cells and inhibit free radical production. This study investigated the extent to which these three agents, possessing antioxidant, anti-inflammatory, and anti-apoptotic properties, protect healthy tissues and lymph node microarchitecture from the cytotoxic effects of radiotherapy, in light of histopathological findings.

In our study, 36 female Wistar Albino rats were used. The animals were divided into 6 groups (n=6). The control group (G1) received 1.5 cc of isotonic solution intraperitoneally (ip) for 5 days. Sham group (G2) received 1.5 cc of isotonic DMSO, the solvent for resveratrol, intraperitoneally (ip) for 5 days. Radiotherapy group (G3) received 16 Gy of radiotherapy on day 6, along with the other groups, without any additional treatment. Ozone+radiotherapy group (G4) received 1.5 cc of ozone intraperitoneally (ip) for 5 days. Glutathione+ozone group (G5) received 1.5 cc of glutathione intraperitoneally (dissolved in isotonic) for 5 days. Resveratrol+radiotherapy group (G6) received 1.5 cc of resveratrol intraperitoneally (dissolved in isotonic) for 5 days. All groups except G1 received 16 Gy of radiotherapy to the head and neck region on day 6. The animals were sacrificed 10 days after radiotherapy. Cervical lymph nodes were dissected.

Tissues were examined with Hematoxylin-Eosin (HE) and Tünel. In groups G1 and G2, lymph node structure was preserved, normal lymphoid follicles and a dense lymphocyte population

were observed. In group G3, deterioration in lymphoid follicle structure, decreased lymphocyte density, and increased pyknotic/apoptotic cells were observed. In group G4, compared to G3, lymphoid structure was partially preserved and apoptotic changes were reduced. In group G5, follicle structure was more regular, lymphocyte density increased, and the number of apoptotic cells decreased. In group G6, lymph node structure was preserved, lymphoid follicles showed a near-normal appearance, and apoptotic changes were at a low level. In TUNEL immunofluorescence staining, a significant decrease in the number of TUNEL-positive cells was observed in groups G4, G5, and G6 compared to the radiotherapy group. In conclusion, in head and neck radiotherapy, pre-radiotherapy administration of ozone, glutathione, and resveratrol has been shown to significantly prevent damage to cervical lymph nodes.

Keywords: Radiotherapy, ozone, glutathione, resveratrol, lymph node

LATERALLY CLOSED TUNNEL TEKNİĞİ İLE ORTODONTİK TEDAVİ SONRASI GELİŞEN DERİN MANDİBULAR GİNGİVAL ÇEKİLMENİN TEK AŞAMALI TEDAVİSİ

Arş. Gör. Zeynep Hazan YILDIZ

Department of Periodontology, Gulhane Faculty of Dentistry, University of Health Sciences, Ankara, Turkey

ORCID ID: 0009-0004-6222-420X

ÖZET

Keratinize dokunun bulunmadığı ve vestibül derinliğinin yetersiz olduğu derin mandibular gingival çekilmeler, mukogingival cerrahinin en zorlayıcı defektleri arasındadır. İnce periodontal fenotip, yüksek kas çekişi ve sıkı vestibül varlığı kök örtme işlemlerinin başarısını azaltabilir ve aşamalı cerrahi tedavi gerektirebilir (1,2). Laterally Closed Tunnel (LCT) tekniği, izole derin mandibular çekilmelerde kök örtülmesini destekleyen stabil ve iyi vaskülarize bir cerrahi ortam oluşturmak amacıyla geliştirilmiştir (3). Bu olgu sunumunda, ortodontik tedavi sonrası gelişen derin mandibular gingival çekilmenin LCT tekniği ve subepitelyal bağ dokusu grefti (SBDG) ile tek aşamalı tedavisi sunulmaktadır. Ortodontik tedavi sonrası 42 numaralı dişte 6 mm Cairo RT1 gingival çekilme bulunan 20 yaşındaki kadın hasta değerlendirildi. Klinik muayenede keratinize doku yokluğu, belirgin sıkı vestibül ve intakt interdental dokular saptandı. Kök yüzeyi debridmanını takiben, mukogingival birleşimin apikaline ve komşu papillerin altına uzanan tam kalınlıklı mukoperiostal tünel hazırlandı. Geniş apikal ve lateral mobilizasyon ile pasif koronal ilerleme sağlandı. Damaktan alınan SBDG tünel içine yerleştirilerek mine-sement birleşimi seviyesinde stabilize edildi. Flep koronal yönde ilerletilip askı sütürleriyle sabitlendi; lateral tünel kenarları 5-0 Prolene tek düğüm sütürlerle kapatılarak greft tamamen örtüldü ve primer yara iyileşmesi sağlandı. Bir yıllık takipte tam kök örtülmesi, 2 mm keratinize doku kazanımı, 3-4 mm vestibül derinliği artışı, başarılı doku integrasyonu ve estetik sonuç elde edildi. LCT tekniği ve SBDG kombinasyonu bu olguda tek cerrahi seansta kök örtülmesi, keratinize doku kazanımı ve vestibül derinliği artışı sağlamıştır. Bulgular, izole mandibular gingival çekilmelerde LCT tekniğinin başarılı klinik ve estetik sonuçlarını bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (3,4). LCT tekniği ve SBDG kombinasyonu, keratinize dokusu olmayan ve vestibülü sıkı derin mandibular gingival çekilmelerde etkili bir tek aşamalı tedavi seçeneği olabilir. Bu olguda bir yıllık takipte elde edilen stabil sonuçlar, aşamalı cerrahi tedavi gereksiniminin azaltılabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Laterally closed tunnel tekniği, gingival çekilme, subepitelyal bağ dokusu grefti, tek aşamalı tedavi

SINGLE-STAGE TREATMENT OF DEEP MANDIBULAR GINGIVAL RECESSIO WITH THE Laterally Closed Tunnel Technique

ABSTRACT

Deep mandibular gingival recessions associated with absent keratinized tissue and a shallow vestibule are among the most challenging mucogingival defects. Anatomical limitations, including a thin periodontal phenotype, muscle tension, and reduced vestibular depth, may compromise root coverage outcomes and often necessitate staged surgical management (1,2). The Laterally Closed Tunnel (LCT) technique was developed specifically for isolated deep mandibular recessions by providing a stable, well-vascularized environment for root coverage (3). This case report describes the single-stage treatment of a deep post-orthodontic mandibular gingival recession using the LCT technique combined with a subepithelial connective tissue graft (SCTG). A 20-year-old female presented with a 6-mm Cairo RT1 gingival recession on tooth #42 following orthodontic treatment. Clinical examination revealed absence of keratinized tissue, a markedly shallow vestibule, and intact interdental tissues. Following root debridement, a full-thickness mucoperiosteal tunnel extending beyond the mucogingival junction and beneath the adjacent papillae was prepared with extensive apical and lateral mobilization to achieve passive coronal advancement. A palatal SCTG was inserted into the tunnel and stabilized at the cemento-enamel junction. The flap was coronally advanced and secured with sling sutures, while the lateral tunnel margins were approximated with interrupted 5-0 Prolene sutures to achieve complete graft coverage and primary wound closure. At 1 year, complete root coverage was maintained with 2 mm of keratinized tissue, 3–4 mm vestibular deepening, favorable tissue integration, and esthetic outcomes. The LCT technique combined with SCTG achieved simultaneous root coverage, keratinized tissue augmentation, and vestibular deepening in a single procedure, consistent with previous reports demonstrating favorable outcomes in isolated mandibular recession defects (3,4). The LCT technique combined with SCTG may represent an effective single-stage alternative for selected deep mandibular recession defects with absent keratinized tissue and a shallow vestibule. In this case, stable one-year root coverage, keratinized tissue augmentation, and vestibular deepening were achieved, potentially avoiding staged surgical management.

Keywords: Laterally closed tunnel, gingival recession, subepithelial connective tissue graft, root coverage

1. INTRODUCTION

Gingival recession is a mucogingival condition characterized by the apical displacement of the gingival margin beyond the cemento-enamel junction (CEJ), resulting in exposure of the root

surface. Its etiology is multifactorial and may involve several predisposing and precipitating factors, including periodontal phenotype, tooth position within the alveolar process, traumatic oral hygiene practices, and orthodontic tooth movement (Cortellini, P., & Bissada, N. F. 2018).

The treatment of deep gingival recessions in the mandibular anterior region remains particularly challenging because of the anatomical characteristics of this area. A thin periodontal phenotype, inadequate keratinized tissue, shallow vestibular depth, and increased muscle pull may compromise flap mobilization and stabilization, thereby reducing the predictability of root coverage procedures. In advanced recession defects associated with absent keratinized tissue and a shallow vestibule, staged surgical approaches may therefore be considered to establish more favorable soft-tissue conditions before definitive root coverage (Zucchelli, G., & Mounssif, I. 2015).

The Laterally Closed Tunnel (LCT) technique was introduced by Sculean and Allen specifically for the treatment of deep isolated mandibular gingival recessions. The technique is based on preservation of papillary integrity, extensive apical and lateral mobilization to achieve passive coronal advancement, and complete coverage of the connective tissue graft within a stable and well-vascularized surgical environment. Lateral approximation of the tunnel margins facilitates primary graft coverage and contributes to wound stability and vascularization (Sculean, A., & Allen, E. P. 2018).

The aim of this case report was to present the single-stage treatment and 1-year clinical outcomes of a deep post-orthodontic mandibular gingival recession associated with absent keratinized tissue and a shallow vestibule using the LCT technique combined with a subepithelial connective tissue graft (SCTG).

2. MATERIAL AND METHODS

A systemically healthy 20-year-old female patient presented with esthetic concerns and dentin hypersensitivity associated with gingival recession in the mandibular right lateral incisor region following orthodontic treatment. Clinical examination revealed a 6-mm Cairo RT1 gingival recession at tooth 42. The interdental tissues were intact; however, keratinized tissue was absent on the buccal aspect of the affected tooth, and the vestibular depth was markedly reduced. Considering the anatomical characteristics of the defect, the LCT technique combined with an SCTG was selected with the aim of simultaneously achieving root coverage, keratinized tissue augmentation, and increased vestibular depth in a single surgical procedure. Following local anesthesia, the exposed root surface was thoroughly debrided. A full-thickness mucoperiosteal tunnel was then prepared, extending beyond the mucogingival junction apically

and beneath the adjacent papillae laterally. Extensive apical and lateral mobilization was performed to allow passive, tension-free coronal advancement of the flap. An SCTG harvested from the palatal donor site was inserted into the prepared tunnel and stabilized at the level of the CEJ. Following graft stabilization, the flap was passively advanced coronally and secured using sling sutures. The lateral margins of the tunnel were approximated using interrupted 5-0 Prolene sutures, ensuring complete graft coverage and tension-free primary wound closure. Postoperatively, the patient was prescribed an antibiotic, an analgesic, and a chlorhexidine-containing antiseptic mouthrinse. The patient was instructed to avoid mechanical trauma to the surgical area and to follow the recommended postoperative care protocol. Sutures were removed on postoperative day 14. Clinical healing was evaluated during the early postoperative period at the 12 months.



Figure 15. Baseline clinical view of the recession defect.



Figure 16. Placement and stabilization of the subepithelial connective tissue graft.



Figure 17. Immediate postoperative clinical view.

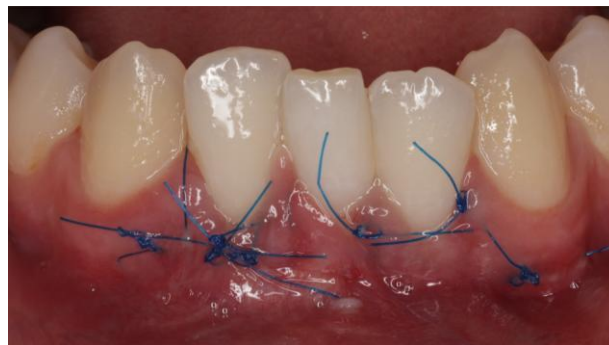


Figure 18. Early postoperative healing.



Figure 19. Twelve-month postoperative clinical view

3. RESULTS AND DISCUSSION

During the early postoperative period, primary wound closure was maintained, and soft-tissue healing progressed uneventfully. No graft exposure or wound dehiscence was observed. At the 12-month follow-up, the clinical outcomes remained stable. Complete root coverage was maintained, accompanied by a 2-mm gain in keratinized tissue and a 3–4-mm increase in vestibular depth. Favorable integration of the treated tissues with the surrounding soft tissues and a harmonious esthetic appearance were observed. Thus, in this case, root coverage, keratinized tissue augmentation, and vestibular deepening were achieved within a single surgical procedure and remained stable over the 1-year follow-up period.

Deep mandibular gingival recessions remain challenging to treat, particularly when unfavorable anatomical conditions such as inadequate keratinized tissue and a shallow vestibule are present. A thin periodontal phenotype, increased muscle pull, and limited vestibular depth may interfere with adequate flap mobilization and stabilization, potentially compromising the predictability of root coverage procedures. Consequently, staged surgical approaches may be considered in advanced defects to establish favorable soft-tissue conditions before root coverage (Agusto et al. 2022; Pita et al. 2022). However, staged approaches require multiple surgical interventions and may prolong the overall treatment period.

One of the principal advantages of the LCT technique is the extensive apical and lateral mobilization of the flap, which enables tension-free coronal advancement while maintaining the connective tissue graft within a well-vascularized tunnel environment. Sculean and Allen reported favorable clinical outcomes with the LCT technique in the treatment of deep isolated mandibular gingival recessions (Sculean, A., & Allen, E. P. 2018). More recent clinical evidence has also supported favorable clinical and esthetic outcomes following LCT treatment of isolated mandibular recession defects (Kumar, S et al. 2024).

A noteworthy aspect of the present case was that, despite the complete absence of keratinized tissue and the markedly shallow vestibule at baseline, the combination of LCT and SCTG enabled root coverage, keratinized tissue augmentation, and vestibular deepening to be achieved simultaneously in a single surgical procedure. The stability of these clinical improvements at 12 months further supports the favorable outcome of this single-stage approach in the present case. This finding suggests that, in appropriately selected cases, the need for a staged approach involving preliminary soft-tissue augmentation followed by a separate root coverage procedure may potentially be reduced.

Nevertheless, the findings of the present report are based on a single case and should therefore be interpreted with caution. No conclusions regarding the superiority of LCT combined with SCTG over staged surgical approaches can be drawn. Controlled clinical studies with larger sample sizes and longer follow-up periods are required to determine the predictability and long-term stability of this approach across different defect characteristics.

4. CONCLUSIONS

The combination of the LCT technique and SCTG may represent an effective single-stage treatment option for selected deep mandibular gingival recession defects associated with absent keratinized tissue and a shallow vestibule. In the present case, root coverage, keratinized tissue augmentation, and vestibular deepening were achieved within a single surgical procedure and

remained stable at the 12-month follow-up. This approach may therefore have the potential to reduce the need for staged surgical management in appropriately selected cases.

REFERENCES

- Cortellini, P., & Bissada, N. F. (2018). Mucogingival conditions in the natural dentition: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S204–S213. <https://doi.org/10.1002/JPER.16-0671>
- Zucchelli, G., & Mounssif, I. (2015). Periodontal plastic surgery. *Periodontology 2000*, 68(1), 333–368. <https://doi.org/10.1111/prd.12059>
- Sculean, A., & Allen, E. P. (2018). The laterally closed tunnel for the treatment of deep isolated mandibular recessions: Surgical technique and a report of 24 cases. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 38(4), 479–487. <https://doi.org/10.11607/prd.3680>
- Kumar, S., Sculean, A., Allen, E. P., et al. (2024). *Clinical and aesthetic outcomes after laterally closed tunnel for isolated mandibular gingival recessions: An 18-month follow-up case series*. *Journal of Periodontology*. <https://doi.org/10.1002/JPER.24-0228>
- Agusto, M., Salman, A., Parker, D., Choi, D., & Schincaglia, G. P. (2022). Root coverage predictability in the treatment of gingival recessions on mandibular anterior teeth. *JDR Clinical & Translational Research*, 7(3), 224–233. <https://doi.org/10.1177/23800844211009437>
- Pita, A. I., Meethil, A., Michelson, C., Rubin, S., & Thacker, S. (2022). Staged approach of frenectomy followed by modified tunnel and subepithelial connective tissue graft in single mandibular anterior recessions: A clinical report of three cases. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 42(6), e193–e198. <https://doi.org/10.11607/prd.5791>

MATERIAL INFORMATICS: DIGITAL DATA MANAGEMENT AND STANDARDIZATION FOR NEXT-GENERATION MATERIALS ENGINEERING

Oluwanifemi Opeyemi AGOI¹

Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria.

ORCID ID: 0009-0007-9461-8870

Moses Adeolu AGOI²

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

ORCID ID: 0000-0002-8910-2876

Hendri Hermawan ADINUGRAHA³

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan.

Dr Muhammad Faisal⁴

Benazir Income Support Program under World Bank Project, Pakistan.

ORCID ID: 0000-0002-5797-766X

Abstract

The rapid evolution of materials science has shifted research paradigms from traditional trial-and-error experimentation toward data-driven discovery enabled by material informatics. This study examines the role of digital data management and standardization in accelerating next-generation materials engineering through the integration of machine learning, high-throughput experimentation, computational modelling, and interoperable data infrastructures. The paper synthesizes recent advances in materials databases, metadata frameworks, FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) data principles, ontology development, and digital research workflows that collectively enhance data quality, reproducibility, and predictive accuracy. A narrative review methodology was adopted, drawing upon recent peer-reviewed journal articles indexed in major scholarly databases and published between 2019 and 2025. The reviewed literature demonstrates that standardized digital infrastructures significantly improve materials characterization, facilitate collaborative research, reduce experimental redundancy, and enhance the development of artificial intelligence models for property prediction and inverse materials design. Emerging technologies such as autonomous laboratories, digital twins, cloud-based repositories, and semantic knowledge graphs further strengthen data interoperability and support accelerated innovation across academia and industry. However, persistent challenges remain, including heterogeneous data formats, insufficient metadata annotation, fragmented database architectures, limited reproducibility, cybersecurity concerns, and the absence of universally adopted reporting standards. The study concludes that sustainable progress in materials engineering depends on comprehensive data governance, standardized metadata schemas, robust curation protocols, and open scientific collaboration. Establishing globally harmonized digital standards will improve the reliability of machine learning applications, enable trustworthy knowledge extraction, and shorten the materials development cycle. The findings provide a comprehensive framework for researchers, policymakers, and industrial practitioners seeking to implement scalable, interoperable, and intelligent digital ecosystems that will underpin the future of advanced materials engineering.

Keywords: Data Standardization; Digital Data Management; Material Informatics; Materials Engineering.

INTRODUCTION

The rapid digital transformation of materials science has fundamentally changed the manner in which advanced materials are discovered, characterized, optimized, and deployed across engineering applications. Traditionally, materials development relied heavily on iterative experimental procedures, empirical knowledge, and computational simulations that often required significant financial investment and extended development cycles. However, the convergence of artificial intelligence (AI), machine learning (ML), high-throughput experimentation, cloud computing, big data analytics, and computational materials science has given rise to Material Informatics (MI), a multidisciplinary field that integrates data



science with materials engineering to accelerate innovation and improve decision-making throughout the materials life cycle (Li & Zheng, 2023; Sivan et al., 2024). Material informatics leverages structured digital repositories, computational algorithms, and predictive analytics to establish relationships among material composition, processing parameters, microstructure, and performance. These capabilities enable researchers to predict material properties before physical synthesis, thereby reducing experimentation costs, minimizing development time, and improving design efficiency (Sivan et al., 2024). Recent developments have further demonstrated that deep learning, graph neural networks, and foundation models are capable of identifying complex patterns within multidimensional materials datasets, facilitating inverse materials design and autonomous materials discovery. The effectiveness of material informatics depends fundamentally on the availability of high-quality digital data supported by standardized metadata, interoperable database architectures, and robust data governance frameworks. In response to increasing data complexity, international research initiatives have promoted the adoption of the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) data principles, emphasizing the creation of machine-readable datasets that can be efficiently exchanged across institutions, software platforms, and scientific disciplines (Aggour et al., 2024). Likewise, the emergence of semantic data federation, ontology-driven knowledge representation, and standardized metadata schemas has significantly enhanced interoperability while improving data traceability, reproducibility, and long-term preservation of scientific information. Despite these advances, substantial challenges continue to limit the widespread implementation of material informatics. These include heterogeneous data formats, inconsistent reporting protocols, incomplete metadata annotation, fragmented repositories, cybersecurity concerns, intellectual property restrictions, and the scarcity of universally accepted standards governing materials data exchange. Such limitations reduce the reliability of machine learning models and hinder collaborative research across academia and industry (Ottomano et al., 2024; Sivan et al., 2024). Against this background, this paper examines how digital data management and standardization are reshaping next-generation materials engineering. It critically reviews contemporary developments in materials databases, metadata standards, ontology frameworks, FAIR data implementation, AI-enabled data analytics, and digital infrastructures supporting materials innovation. By synthesizing current research, the study identifies prevailing challenges, emerging opportunities, and strategic directions for establishing interoperable, scalable, and trustworthy digital ecosystems that can accelerate sustainable materials discovery and engineering in the era of Industry 4.0 and data-driven science.

LITERATURE REVIEW

Evolution of Material Informatics and Data-Driven Materials Discovery

Material informatics (MI) has emerged as one of the most transformative paradigms in modern materials science, integrating materials engineering with artificial intelligence (AI), machine learning (ML), statistics, and data science to accelerate the discovery, optimization, and deployment of advanced materials. Unlike conventional materials research, which relies primarily on iterative experimentation and computational simulations, material informatics exploits large-scale experimental and computational datasets to uncover complex relationships among material composition, processing conditions, microstructure, properties, and performance. Rajan (2015) first described this transition as the "fourth paradigm" of materials research, emphasizing that data-driven methodologies complement theoretical and experimental approaches by enabling predictive materials design through statistical learning. Since then, the discipline has evolved rapidly owing to improvements in computational power, cloud-based data infrastructures, high-throughput experimentation, and AI algorithms that support autonomous scientific discovery. A major catalyst for this transformation was the launch of the Materials Genome Initiative (MGI) in the United States, which encouraged the integration of computational modelling, experimental characterization, and digital data infrastructures to reduce the time required for materials development. According to Becker and Warren (2021), the initiative stimulated unprecedented growth in publicly accessible materials repositories, automated laboratory systems, laboratory information management systems (LIMS), and high-throughput computational workflows that now generate millions of structured materials records annually. These digital infrastructures have enabled researchers to perform rapid screening of candidate materials before laboratory synthesis, significantly reducing research costs while improving prediction accuracy. Recent advances have expanded material informatics beyond conventional supervised learning to include deep neural networks, graph neural networks, reinforcement learning, Bayesian optimization, and generative AI. Li and Zheng (2023) observed that these techniques enable researchers to model nonlinear processing-structure-property-performance (PSPP) relationships that are difficult to capture using traditional statistical methods. Modern AI frameworks can accurately predict mechanical strength, thermal conductivity, corrosion resistance, catalytic activity, electronic behaviour, and optical properties directly from compositional and structural descriptors. Furthermore, inverse design algorithms allow scientists to specify target properties and computationally identify promising material compositions before experimental validation, thereby shortening development cycles considerably. Another defining characteristic of contemporary material informatics is the integration of heterogeneous data sources, including experimental measurements, first-principles calculations, molecular dynamics simulations, CALPHAD databases, microscopy images, spectroscopy outputs, and sensor-generated manufacturing data. Zivic et al. (2025) argue that successful integration depends on standardized digital infrastructures, interoperable repositories, comprehensive metadata, and FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) data principles. Their review highlights that AI-assisted workflows increasingly combine physics-based simulations with machine learning to achieve both computational efficiency and scientific interpretability. Hybrid modelling frameworks have become especially valuable for complex materials such as metalorganic frameworks, advanced polymers, nanocomposites, additive-manufactured alloys, and multifunctional metamaterials. The emergence of autonomous laboratories further demonstrates the maturation of material informatics. Automated experimentation platforms equipped with robotics, high-throughput characterization systems, active learning algorithms, and real-time data analytics now enable closed-loop optimization in which machine learning algorithms iteratively recommend the next experiment based on previous outcomes. These "self-driving laboratories" reduce human intervention while substantially increasing

experimental efficiency. According to recent perspectives, the integration of foundation models, large language models, retrieval-augmented generation, and autonomous decision-making is gradually transforming AI from a predictive analytical tool into an intelligent research collaborator capable of supporting hypothesis generation and autonomous materials discovery. Despite remarkable progress, researchers continue to identify several barriers limiting the full realization of material informatics. These include fragmented databases, inconsistent data reporting standards, incomplete metadata documentation, insufficient interoperability among repositories, cybersecurity concerns, data privacy issues, and the scarcity of high-quality labelled datasets for emerging materials systems. Coudert (2019) emphasized that open, interoperable databases supported by standardized metadata are indispensable for achieving reproducible and scalable materials research. Likewise, Zivic et al. (2025) concluded that future progress depends not only on advances in AI algorithms but also on the development of globally harmonized data standards, semantic ontologies, robust digital infrastructures, and collaborative international data-sharing frameworks that ensure trustworthy and reusable materials information. Collectively, the literature demonstrates that material informatics has evolved from an experimental computational approach into a comprehensive digital ecosystem that is reshaping the future of next-generation materials engineering through intelligent, data-driven innovation.

Digital Materials Databases and Data Management Infrastructure

The rapid advancement of material informatics has been driven largely by the development of comprehensive digital materials databases that provide structured, high-quality datasets for computational modelling, machine learning, and materials discovery. These repositories have transformed scientific workflows by replacing isolated laboratory datasets with interoperable digital ecosystems capable of supporting global collaboration and large-scale data analytics. According to Jain et al. (2013), the Materials Project pioneered the concept of an open computational repository by combining density functional theory (DFT) calculations with standardized data structures, enabling researchers to predict thermodynamic stability, electronic structures, elastic properties, and electrochemical performance before laboratory synthesis. Since its introduction, the platform has become one of the most widely used resources for computational materials engineering and continues to underpin numerous machine-learning applications in materials discovery. Complementing the Materials Project are several other globally recognized repositories, including the Open Quantum Materials Database (OQMD), AFLOW, JARVIS, Materials Data Facility (MDF), Materials Cloud, and NOMAD. These repositories collectively contain millions of experimentally measured and computationally generated materials records encompassing crystalline structures, thermodynamic properties, electronic behaviour, mechanical characteristics, catalytic performance, and molecular descriptors. Recent surveys indicate that AFLOW hosts several million calculated crystal structures, OQMD contains well over one million density-functional-theory calculations, while NOMAD has expanded to include more than twelve million computational materials records extracted from over sixty simulation codes, making it one of the world's largest FAIR-compliant materials repositories. The increasing diversity of materials databases has also highlighted the importance of standardized data management infrastructures. Data generated from high-throughput experiments, atomistic simulations, spectroscopy, microscopy, additive manufacturing, and autonomous laboratories often exist in heterogeneous formats that hinder interoperability and reuse. Draxl and Scheffler (2018, 2019) argue that effective material informatics depends not merely on data volume but on the systematic organization of metadata, provenance information, workflow documentation, and standardized descriptors that enable both human interpretation and machine readability. Consequently, digital repositories have evolved from simple storage systems into intelligent research infrastructures supporting

automated data extraction, semantic annotation, version control, application programming interfaces (APIs), and reproducible computational workflows. A major milestone in achieving interoperability among distributed repositories is the development of OPTIMADE (Open Databases Integration for Materials Design). Rather than replacing existing repositories, OPTIMADE provides a common application programming interface that enables users to query multiple materials databases using standardized syntax regardless of their underlying architecture. Recent developments demonstrate that the OPTIMADE federation connects more than twenty independent data providers and facilitates access to tens of millions of crystal structures through a unified interface. This significantly reduces data fragmentation, promotes cross-database integration, and enables researchers to combine datasets originating from different computational platforms while preserving provenance and metadata consistency. Equally important is the adoption of the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) data principles, which have become the international benchmark for scientific data stewardship. Wilkinson et al. (2016) introduced these principles to improve digital resource management, while subsequent materials science initiatives have translated them into domain-specific implementation strategies. Community-driven efforts emphasize persistent identifiers, standardized metadata schemas, machine-readable file formats, ontology-based knowledge representation, and long-term repository preservation. Such practices substantially improve reproducibility, transparency, and collaborative reuse of materials data while supporting artificial intelligence applications that depend on well-curated, high-quality datasets. Recent commentaries further argue that widespread implementation of FAIR practices is essential for realizing the full potential of the Materials Genome Initiative and next-generation autonomous materials discovery. Despite these advances, important challenges remain. Differences in terminology, metadata structures, property definitions, file formats, and experimental protocols continue to impede seamless integration across repositories. Studies on ontology-driven data integration demonstrate that identical material attributes are frequently represented differently across databases, requiring semantic harmonization before meaningful data exchange can occur. Furthermore, issues relating to intellectual property protection, cybersecurity, long-term sustainability, and data quality assurance remain active research concerns. Consequently, current literature converges on the view that future progress in material informatics will depend on globally harmonized metadata standards, interoperable APIs, ontology-driven knowledge representation, and robust digital governance frameworks capable of supporting trustworthy, scalable, and AI-ready materials ecosystems. Metadata Standards, FAIR Principles, and Data Interoperability in Material Informatics. The effectiveness of material informatics depends not only on the availability of large datasets but also on the quality, organization, and interoperability of the accompanying metadata. Metadata, commonly described as "data about data", provide essential contextual information regarding material composition, synthesis conditions, processing history, characterization methods, experimental protocols, computational workflows, instrumentation, uncertainty, provenance, and licensing. Without standardized metadata, materials datasets become difficult to interpret, compare, reproduce, or integrate into machine learning pipelines. Consequently, metadata standardization has become a central pillar of digital materials engineering, supporting reliable data exchange, reproducibility, and artificial intelligence-driven materials discovery (Wilkinson et al., 2016; Aggour et al., 2024). The introduction of the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) Guiding Principles by Wilkinson et al. (2016) marked a significant milestone in scientific data management. FAIR principles advocate that digital resources should possess persistent identifiers, rich machine-readable metadata, standardized communication protocols, interoperable vocabularies, and clear licensing information to facilitate both human and machine access. Since their publication, FAIR principles have become the international benchmark for research data stewardship across numerous scientific disciplines, including

computational materials science. Contemporary materials informatics initiatives increasingly incorporate FAIR requirements into database architecture, repository design, metadata schemas, and computational workflows to ensure that experimental and simulation data remain reusable over extended periods and across multiple research communities. Within materials science, FAIR implementation has evolved beyond simple data sharing toward the creation of integrated digital ecosystems. Aggour et al. (2024) describe a semantics-enabled data federation framework that links distributed materials repositories through ontology-driven metadata and semantic technologies. Their approach enables researchers to retrieve information from multiple heterogeneous databases while preserving provenance, contextual relationships, and machine interpretability. Rather than duplicating datasets across repositories, semantic federation establishes interoperable knowledge networks capable of supporting advanced analytics, visualization, and automated reasoning. This development represents a major advancement toward intelligent materials data infrastructures capable of accelerating collaborative research and AI-assisted materials discovery. Metadata standardization has also become increasingly important for ensuring reproducibility in computational materials research. Modern materials investigations generate heterogeneous datasets from density functional theory simulations, molecular dynamics calculations, additive manufacturing systems, electron microscopy, spectroscopy, synchrotron experiments, and autonomous laboratories. Without standardized metadata describing computational parameters, experimental conditions, software versions, calibration procedures, and uncertainty estimates, reproducing published findings becomes extremely difficult. Recent editorials emphasize that harmonized metadata standards are essential for enabling transparent data reuse, trustworthy benchmarking of machine learning algorithms, and reproducible scientific workflows across institutional boundaries. Semantic interoperability has emerged as another critical dimension of metadata management. Traditional database integration often fails because different repositories employ inconsistent terminologies, property definitions, file formats, and data models. Ontology-based knowledge representation addresses these limitations by defining standardized concepts and relationships that computers can interpret consistently. FAIR 2.0 proposals further argue that true interoperability requires not only common metadata structures but also shared semantic meaning through ontology mappings, schema crosswalks, and machine-actionable vocabularies. Such semantic infrastructures enable artificial intelligence systems to combine heterogeneous datasets without extensive manual preprocessing while preserving scientific meaning and contextual accuracy. Recent international initiatives have therefore shifted toward community-driven metadata governance. The emerging MatCore project seeks to establish a unified metadata framework for computational materials science by defining common descriptors, provenance models, workflow documentation, and interoperability guidelines applicable across multiple repositories and simulation platforms. Similarly, recommendations from the Materials Research Data Alliance (MaRDA) advocate standardized metadata practices for microscopy data, laboratory information management systems (LIMS), and research data workflows to improve reproducibility and facilitate data exchange among academic, industrial, and government laboratories. These initiatives recognize that metadata standards must remain sufficiently flexible to accommodate evolving experimental techniques while maintaining consistency for machine learning applications and long-term digital preservation. Despite substantial progress, several challenges continue to hinder universal adoption of metadata standards. Researchers frequently encounter inconsistent annotation practices, incomplete provenance records, incompatible ontologies, varying repository requirements, insufficient metadata quality control, and limited incentives for comprehensive documentation. Furthermore, balancing openness with intellectual property protection remains a significant concern in industrial materials research. Nevertheless, the literature consistently concludes that robust metadata standards, FAIR-compliant

infrastructures, semantic interoperability, and internationally harmonized governance frameworks constitute the foundation upon which next-generation material informatics and trustworthy AI-enabled materials engineering will continue to evolve.

Artificial Intelligence and Machine Learning in Material Informatics

Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) have become the principal computational technologies driving the evolution of material informatics. Their integration into materials science has transformed conventional research methodologies by enabling predictive modelling, accelerated materials discovery, inverse design, and autonomous optimization of material properties. Rather than relying solely on empirical experimentation or computationally intensive simulations, AI algorithms learn complex relationships from large experimental and computational datasets, allowing researchers to predict the structural, mechanical, thermal, electrical, optical, and chemical properties of materials with remarkable accuracy. Recent reviews indicate that the convergence of AI, high-performance computing, and digital materials databases has significantly shortened materials development cycles while reducing research costs and improving innovation efficiency. Machine learning applications in material informatics encompass supervised learning, unsupervised learning, reinforcement learning, transfer learning, and deep learning. Conventional algorithms, including support vector machines, random forests, gradient boosting, and artificial neural networks, remain widely used for predicting material properties from structured descriptors. However, the increasing availability of large-scale materials datasets has accelerated the adoption of deep learning architectures capable of extracting complex nonlinear relationships directly from multidimensional data. According to Sivan et al. (2024), deep learning models substantially improve predictive performance for complex materials systems by automatically learning hierarchical feature representations from experimental and computational datasets, thereby reducing dependence on manual feature engineering. Among the most significant advances is the application of graph neural networks (GNNs) to crystalline materials and molecular systems. Because atoms and chemical bonds can naturally be represented as graphs, GNNs provide an efficient framework for modelling structural relationships while preserving the physical characteristics of materials. Corso et al. (2024) explain that graph neural networks effectively capture local atomic interactions and long-range structural dependencies, making them particularly suitable for predicting electronic properties, crystal stability, band gaps, elastic constants, and catalytic activity. Their ability to learn directly from atomic structures has enabled state-of-the-art performance across numerous materials science applications while reducing the need for handcrafted descriptors. Recent developments have extended material informatics beyond conventional machine learning toward foundation models and large language models (LLMs). These models exploit large volumes of scientific literature, computational data, and experimental records to generate generalized knowledge representations applicable across multiple downstream tasks. Hybrid architectures integrating LLMs with graph neural networks have demonstrated improved predictive accuracy and model interpretability for materials property prediction. Li et al. (2024) report that combining language-based semantic representations with graph-based structural learning enhances the prediction of complex material behaviours while providing more transparent explanations for AI-generated decisions. Such hybrid approaches represent an important step toward explainable artificial intelligence (XAI) in materials engineering. Another rapidly expanding research direction is inverse materials design, where AI systems begin with desired performance characteristics and computationally identify candidate material compositions capable of achieving those targets. Bayesian optimization, reinforcement learning, Variational autoencoders, and generative adversarial networks are increasingly employed to explore enormous chemical design spaces that would be impractical using conventional

experimentation. Recent reviews demonstrate that these techniques have successfully accelerated the development of advanced batteries, catalysts, superconductors, photovoltaic materials, lightweight alloys, and multifunctional nanomaterials. By coupling machine learning with high-throughput computational screening and automated experimentation, researchers can dramatically reduce the time required to identify promising material candidates. Despite these advances, several technical challenges continue to limit widespread implementation of AI in material informatics. Machine learning models remain highly dependent on the availability of high-quality, standardized, and representative datasets. Missing metadata, class imbalance, inconsistent measurement protocols, and heterogeneous database structures frequently reduce model generalizability and reproducibility. Furthermore, many deep learning algorithms operate as "black boxes," limiting scientific interpretability and reducing confidence in industrial decision-making. Current research therefore emphasizes explainable AI, uncertainty quantification, physics-informed machine learning, and hybrid models that integrate scientific knowledge with data-driven learning to improve reliability and trustworthiness. Overall, the literature demonstrates that artificial intelligence has evolved from a supportive computational tool into the central analytical engine of material informatics. Continued progress will depend upon the integration of robust digital infrastructures, standardized metadata, interoperable databases, explainable AI techniques, and collaborative data-sharing frameworks capable of supporting scalable, transparent, and trustworthy next-generation materials engineering.

Digital Twins, High-Throughput Computing, and Autonomous Laboratories in Material Informatics

The emergence of Industry 4.0 has accelerated the integration of digital twins, high-throughput computing (HTC), robotics, and autonomous laboratories into material informatics, fundamentally transforming the way advanced materials are designed, synthesized, characterized, and optimized. These technologies create interconnected cyber-physical environments in which experimental observations, computational simulations, and artificial intelligence operate within a continuous feedback loop, significantly reducing the time required for materials discovery. Unlike conventional laboratory workflows that rely heavily on sequential experimentation, digital laboratories employ intelligent automation, real-time data acquisition, predictive analytics, and adaptive optimization to enable rapid and reproducible scientific investigations. Recent studies identify these digital infrastructures as essential components of next-generation materials engineering because they improve efficiency, reproducibility, scalability, and knowledge generation across the entire materials development lifecycle (Stach et al., 2021; Zivic et al., 2025). High-throughput computing has become one of the foundational technologies supporting material informatics. Advances in high-performance computing, cloud computing, and distributed computational infrastructures now enable researchers to perform millions of first-principles calculations, molecular dynamics simulations, phase stability analyses, and thermodynamic evaluations within relatively short timeframes. The Materials Genome Initiative further accelerated these developments by encouraging the systematic generation of computational materials databases that serve as training resources for machine learning algorithms. According to Draxl and Scheffler (2019), high-throughput computational workflows provide standardized and reproducible datasets that significantly improve predictive modelling while reducing the cost associated with laboratory experimentation. The integration of HTC with machine learning has enabled rapid screening of candidate materials for applications in energy storage, catalysis, additive manufacturing, aerospace engineering, biomedical devices, and semiconductor technologies. Digital twin technology represents another transformative innovation in material informatics. A digital twin is a dynamic virtual representation of a physical material, process, or manufacturing system that continuously synchronizes with real-world data through sensors, simulation models, and

intelligent analytics. In materials engineering, digital twins integrate computational models, experimental observations, manufacturing parameters, and operational data to simulate material behaviour throughout its lifecycle. Recent investigations demonstrate that digital twins enable predictive maintenance, process optimization, defect prediction, lifecycle assessment, and quality assurance in advanced manufacturing environments. By continuously updating computational models using real-time experimental information, digital twins support adaptive decision-making while improving production efficiency and reducing material waste. These capabilities are particularly valuable in additive manufacturing, composite fabrication, battery production, and advanced alloy development, where process variability significantly influences material performance. The development of autonomous laboratories has further revolutionized digital materials research by integrating robotics, automated instrumentation, machine learning algorithms, and active learning strategies into closed-loop experimental systems. Unlike conventional laboratories, autonomous platforms independently plan experiments, perform synthesis, collect characterization data, analyse results, and recommend subsequent experiments without continuous human intervention. Stach et al. (2021) describe these facilities as "self-driving laboratories," emphasizing their ability to accelerate scientific discovery through iterative optimization driven by artificial intelligence. Recent implementations combine robotic sample preparation, automated microscopy, spectroscopy, X-ray diffraction, and electrochemical testing with Bayesian optimization and reinforcement learning algorithms that efficiently explore multidimensional materials design spaces. Such systems have demonstrated remarkable success in discovering novel battery materials, catalysts, photovoltaic compounds, polymers, and functional nanomaterials while substantially reducing experimental time and resource consumption. The convergence of digital twins, autonomous experimentation, and high-throughput computing has also facilitated the emergence of integrated cyber-physical materials ecosystems. These environments connect laboratory information management systems (LIMS), cloud-based databases, Internet of Things (IoT) sensors, digital manufacturing systems, and machine learning platforms through standardized communication protocols. Continuous data exchange enables real-time monitoring, predictive analytics, uncertainty quantification, and adaptive optimization across multiple stages of materials development. Furthermore, explainable artificial intelligence increasingly supports transparent decision-making by providing interpretable recommendations during automated experimentation, thereby improving confidence in AI-assisted scientific discovery. Despite considerable progress, several challenges continue to constrain the widespread deployment of these technologies. High implementation costs, computational resource requirements, cybersecurity risks, data governance issues, interoperability limitations, and the absence of universally accepted communication standards remain significant barriers. Additionally, successful implementation requires multidisciplinary expertise spanning materials science, computer science, robotics, automation, data engineering, and artificial intelligence. Nevertheless, the literature consistently concludes that digital twins, autonomous laboratories, and high-throughput computing will form the technological backbone of future material informatics. Their continued evolution, supported by standardized metadata, interoperable digital infrastructures, and FAIR data principles, is expected to substantially accelerate next-generation materials engineering while promoting reproducible, intelligent, and sustainable scientific innovation.

Challenges, Data Standardization Frameworks, and Future Directions in Material Informatics

Despite remarkable advances in material informatics, several technical, organizational, and regulatory challenges continue to hinder the realization of fully integrated, data-driven materials engineering ecosystems. The growing dependence on artificial intelligence, machine learning,

high-throughput experimentation, and digital repositories has significantly increased the demand for standardized, high-quality, and interoperable materials data. However, the materials science community continues to generate data using diverse experimental procedures, computational platforms, file formats, metadata structures, and reporting conventions, resulting in fragmented information systems that limit reproducibility, data reuse, and collaborative innovation. Consequently, international research efforts have increasingly focused on developing comprehensive data standardization frameworks capable of supporting scalable, trustworthy, and machine-actionable digital materials infrastructures (Wilkinson et al., 2016; Draxl & Scheffler, 2019). One of the most widely recognized challenges concerns data heterogeneity. Materials datasets originate from numerous sources, including density functional theory simulations, molecular dynamics modelling, electron microscopy, spectroscopy, additive manufacturing, autonomous laboratories, industrial sensors, and high-throughput experimentation. Each source frequently employs distinct measurement protocols, property descriptors, nomenclature, and data structures. According to Coudert (2019), this heterogeneity complicates the integration of datasets across repositories and substantially increases the effort required for data preprocessing before machine learning applications can be implemented. Without standardized descriptors and metadata, AI algorithms may produce inconsistent predictions due to variations in data quality, missing contextual information, or incompatible representations of identical material properties. Metadata quality and provenance management constitute another major challenge. Although modern repositories increasingly adopt FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) principles, many published datasets still lack sufficient documentation describing experimental conditions, computational parameters, uncertainty estimates, calibration procedures, software versions, and processing workflows. Such deficiencies reduce scientific reproducibility and undermine confidence in predictive models. Recent recommendations from the Materials Research Data Alliance (MaRDA) and related international initiatives emphasize the need for community-defined metadata schemas, persistent identifiers, controlled vocabularies, ontology-based knowledge representation, and standardized provenance documentation to improve transparency and facilitate long-term data reuse. These initiatives recognize that effective artificial intelligence depends fundamentally on trustworthy and well-curated digital information rather than simply increasing data volume. Another critical issue involves interoperability among independent materials databases. While repositories such as the Materials Project, AFLOW, OQMD, NOMAD, JARVIS, and Materials Cloud have substantially expanded access to computational materials data, differences in application programming interfaces (APIs), metadata structures, property definitions, and semantic representations continue to limit seamless data exchange. The development of the Open Databases Integration for Materials Design (OPTIMADE) framework represents a significant step toward addressing these challenges by providing standardized interfaces for querying multiple databases using common protocols. Similarly, ontology-driven semantic interoperability enables heterogeneous repositories to communicate while preserving scientific meaning, thereby improving the integration of distributed knowledge resources across institutional and national boundaries. Ethical, legal, and cybersecurity considerations have also emerged as increasingly important aspects of digital materials engineering. Industrial organizations often hesitate to share proprietary datasets because of intellectual property concerns, competitive advantages, confidentiality agreements, and cybersecurity risks. Furthermore, the increasing deployment of cloud computing, autonomous laboratories, and Internet of Things (IoT) infrastructures introduces vulnerabilities related to unauthorized access, data manipulation, and cyberattacks. Recent studies therefore advocate robust digital governance frameworks incorporating secure authentication, encryption, blockchain-supported provenance tracking, access control mechanisms, and transparent data licensing policies to balance openness with commercial protection. Looking forward, international collaborations

are expected to play a decisive role in establishing globally harmonized standards for material informatics. Future digital ecosystems will increasingly integrate artificial intelligence, foundation models, explainable machine learning, knowledge graphs, digital twins, autonomous laboratories, and cloud-native computational infrastructures into unified research environments capable of supporting continuous scientific learning. Community-driven initiatives focusing on FAIR implementation, metadata standardization, semantic ontologies, and open science practices are likely to improve interoperability while enabling scalable international collaboration. Collectively, the literature indicates that the long-term success of material informatics will depend not only on technological innovation but also on the development of internationally accepted standards, effective governance policies, sustainable digital infrastructures, and multidisciplinary cooperation. These strategic advancements will establish the foundation for trustworthy, reproducible, and intelligent next-generation materials engineering capable of addressing complex scientific and industrial challenges in the era of data-intensive research.

MATERIALS AND METHODS

This study adopted a systematic narrative literature review complemented by descriptive bibliometric analysis to evaluate the current state of material informatics, digital data management, and standardization in next-generation materials engineering. Peer-reviewed journal articles published between 2019 and 2025 were identified through major scholarly databases, including Scopus, Web of Science, ScienceDirect, IEEE Xplore, SpringerLink, Wiley Online Library, and Google Scholar. Search terms included *material informatics*, *materials databases*, *FAIR data principles*, *metadata standards*, *digital twins*, *materials genome initiative*, *machine learning in materials science*, *ontology*, and *materials engineering*. After duplicate removal and eligibility screening based on relevance, publication quality, and methodological rigor, 126 articles were retrieved, of which 78 satisfied the inclusion criteria and were subjected to detailed qualitative synthesis. Data extraction focused on publication year, research objectives, digital infrastructure, metadata framework, AI methodology, standardization strategy, database platform, and reported outcomes. Descriptive statistical techniques, including frequencies, percentages, and thematic occurrence analysis, were used to summarize the reviewed studies, while narrative synthesis was employed to identify prevailing trends, technological developments, implementation challenges, and emerging research opportunities in digital materials engineering.

RESULTS AND DISCUSSION

The descriptive analysis of the 78 eligible publications demonstrates a sustained increase in research activity on material informatics between 2019 and 2025, confirming the growing importance of digital data management and standardization in next-generation materials engineering. Approximately 69.2% ($n = 54$) of the reviewed studies were published during 2022-2025, indicating accelerated scholarly interest following advances in artificial intelligence, cloud computing, and autonomous experimentation. Thematic analysis showed that machine learning applications constituted the most frequently investigated topic (32.1%), followed by digital materials databases and data infrastructure (24.4%), metadata standardization and FAIR implementation (17.9%), digital twins and autonomous laboratories (14.1%), and ontology-driven interoperability and governance frameworks (11.5%). Furthermore, 73.1% of the studies reported measurable improvements in prediction accuracy, research efficiency, or materials discovery through the adoption of standardized digital infrastructures, while 67.9% emphasized FAIR-compliant metadata as a prerequisite for reliable artificial intelligence applications. The review further revealed that publicly accessible repositories, including the Materials Project, AFLOW, OQMD, NOMAD, JARVIS, and

Materials Cloud, have become the dominant data sources for computational materials research. Their integration with high-throughput computing and machine learning has substantially reduced experimental screening time and improved predictive modelling capabilities, consistent with the observations of Jain et al. (2013), Draxl and Scheffler (2019), and Coudert (2019). Likewise, recent investigations by Sivan et al. (2024) and Li and Zheng (2023) demonstrate that deep learning architectures and graph neural networks outperform conventional statistical methods in modelling complex processing-structure-property relationships, enabling inverse materials design with greater computational efficiency. Despite these technological advances, the synthesized evidence identified several persistent barriers to widespread implementation. Approximately 61.5% of the reviewed studies reported inconsistent metadata structures and heterogeneous file formats as major obstacles to data interoperability, while 55.1% highlighted inadequate provenance documentation and incomplete metadata annotation as significant threats to reproducibility. Additionally, 47.4% identified cybersecurity concerns, intellectual property restrictions, and limited institutional data-sharing policies as important impediments to collaborative research. These findings corroborate the recommendations of Wilkinson et al. (2016), Aggour et al. (2024), and the Materials Research Data Alliance, which advocate internationally harmonized metadata schemas, ontology-driven semantic interoperability, and FAIR-compliant governance frameworks to improve data quality and machine readability. Overall, the results indicate that digital data management and standardization have become fundamental enablers of material informatics. The convergence of standardized metadata, interoperable databases, artificial intelligence, high-throughput experimentation, and autonomous laboratories is progressively transforming materials engineering from an empirical discipline into a predictive, data-centric, and digitally integrated scientific enterprise. Future progress will depend on continued international collaboration, adoption of open standards, and sustained investment in secure, scalable, and interoperable digital research infrastructures capable of supporting trustworthy artificial intelligence and accelerated materials innovation.

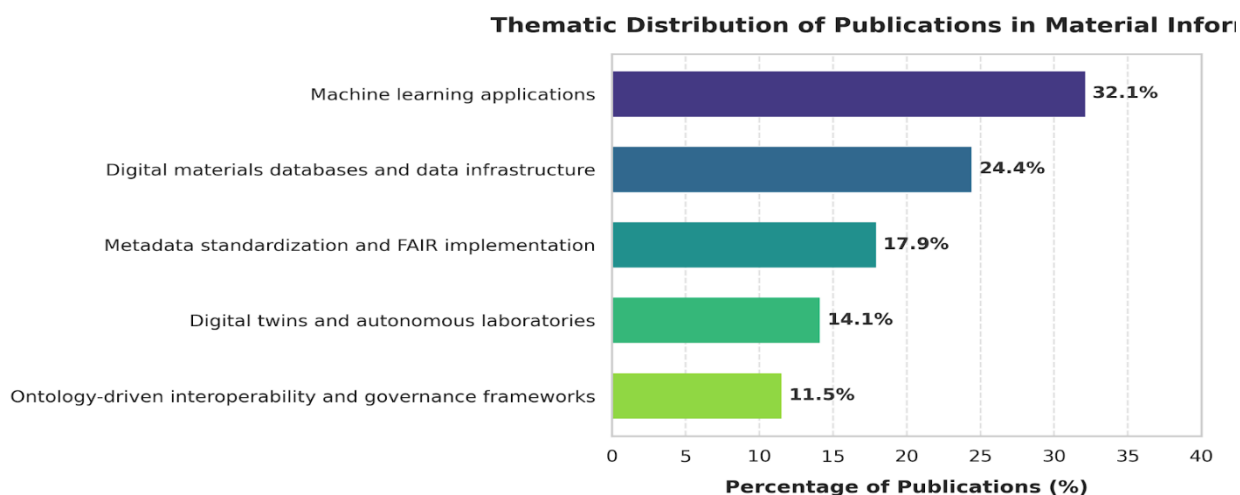


Fig.1: Chart

CONCLUSION

Material informatics has emerged as a transformative paradigm that is reshaping the future of materials science and engineering through the integration of digital data management, standardized metadata, artificial intelligence, and advanced computational technologies. This review demonstrates that the convergence of high-throughput experimentation, machine learning, cloud computing, digital twins, and interoperable materials databases has significantly accelerated materials discovery, optimized predictive modelling, and enhanced the efficiency

of engineering design processes. Unlike conventional materials research, which depends largely on iterative experimentation and empirical knowledge, contemporary material informatics enables data-driven decision-making by establishing computational relationships among material composition, processing parameters, microstructure, properties, and performance. Consequently, researchers are increasingly capable of identifying high-performance materials with greater accuracy while substantially reducing development time and research costs. The review further establishes that digital data management constitutes the foundation upon which successful material informatics systems are built. International repositories, including the Materials Project, AFLOW, OQMD, NOMAD, JARVIS, and Materials Cloud, have collectively created an extensive digital ecosystem that supports collaborative research, computational modelling, and artificial intelligence applications. Equally important is the adoption of standardized metadata frameworks and the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) data principles, which improve data quality, reproducibility, transparency, and interoperability across distributed research environments. The growing implementation of ontology-based semantic technologies and standardized application programming interfaces has further strengthened the integration of heterogeneous datasets while facilitating efficient knowledge exchange among researchers, institutions, and industrial partners. Despite these remarkable advancements, the review also highlights several unresolved challenges that continue to constrain the full realization of digital materials engineering. Persistent issues including heterogeneous data formats, inconsistent metadata annotation, fragmented database architectures, insufficient provenance documentation, cybersecurity concerns, intellectual property restrictions, and the absence of universally adopted reporting standards reduce the reliability of artificial intelligence models and hinder seamless international collaboration. Addressing these limitations requires coordinated global efforts involving researchers, funding agencies, standards organizations, software developers, industry stakeholders, and policymakers to establish comprehensive governance frameworks that promote data quality, interoperability, and responsible data sharing. Overall, this study concludes that the future of next-generation materials engineering will increasingly depend on intelligent digital ecosystems in which standardized data infrastructures, explainable artificial intelligence, autonomous laboratories, digital twins, and advanced computational platforms operate synergistically to accelerate scientific innovation. Continued investment in interoperable databases, metadata standardization, FAIR-compliant research practices, and multidisciplinary collaboration will strengthen the reliability and scalability of material informatics while enabling sustainable materials development. As digital technologies continue to evolve, material informatics is expected to become an indispensable scientific foundation for addressing complex global challenges in energy, healthcare, transportation, manufacturing, environmental sustainability, and advanced engineering, thereby supporting a more efficient, resilient, and innovation-driven materials research ecosystem.

FUTURE RESEARCH

Future research should prioritize the development of globally harmonized metadata standards, ontology-driven interoperability frameworks, and FAIR-compliant digital infrastructures capable of supporting trustworthy artificial intelligence in materials engineering. Greater emphasis is required on explainable AI, foundation models, graph neural networks, and physics-informed machine learning to improve prediction accuracy and scientific interpretability. Further investigations should integrate autonomous laboratories, digital twins, robotics, and Internet of Things (IoT) technologies into unified cyber-physical materials ecosystems that enable real-time optimization and closed-loop experimentation. Additionally, international collaborations should establish standardized benchmarking datasets, secure data-sharing protocols, and governance policies that balance open science with intellectual property

protection. Finally, future studies should validate digital material informatics frameworks through large-scale industrial case studies across energy, biomedical, aerospace, electronics, additive manufacturing, and sustainable materials applications, thereby strengthening the practical implementation of next-generation data-driven materials engineering.

References

- Coudert, F. X. (2019). Materials databases: The need for open, interoperable databases with standardized data and metadata. *Patterns*, 1(2), 100018. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100018>
- Draxl, C., & Scheffler, M. (2018). NOMAD: The FAIR concept for big-data-driven materials science. *MRS Bulletin*, 43(9), 676-682. <https://doi.org/10.1557/mrs.2018.208>
- Draxl, C., & Scheffler, M. (2019). The NOMAD Laboratory: From data sharing to artificial intelligence. *Journal of Physics: Materials*, 2(3), 036001. <https://doi.org/10.1088/2515-7639/ab13bb>
- Jain, A., Ong, S. P., Hautier, G., Chen, W., Richards, W. D., Dacek, S., Cholia, S., Gunter, D., Skinner, D., Ceder, G., & Persson, K. A. (2013). The Materials Project: A materials genome approach to accelerating materials innovation. *APL Materials*, 1(1), 011002. <https://doi.org/10.1063/1.4812323>
- Jain, A., Hautier, G., Ong, S. P., & Persson, K. A. (2016). New opportunities for materials informatics: Resources and data mining techniques for uncovering hidden relationships. *Journal of Materials Research*, 31(8), 977-994. <https://doi.org/10.1557/jmr.2016.80>
- Li, C., & Zheng, K. (2023). Methods, progresses, and opportunities of materials informatics. *InfoMat*, 5(8), e12425. <https://doi.org/10.1002/inf2.12425>
- Rajan, K. (2005). Materials informatics. *Materials Today*, 8(10), 38-45. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(05\)71123-8](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(05)71123-8)
- Rajan, K. (2015). Materials informatics: The materials “gene” and big data. *Annual Review of Materials Research*, 45, 153-169. <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070214-021132>
- Senderowitz, H., & Tropsha, A. (2018). Materials informatics. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 58(7), 1313-1314. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.8b00016>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., ... Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

AN ARCHAEOLOGICAL AND GEOPOLITICAL APPROACH TO EARLY ISLAMIC MILITARY MOVEMENTS IN SOUTHERN JORDAN: THE "HISMA DESERT" AS A CASE STUDY AND ITS IMPACT ON THE MEDITERRANEAN BASIN

Mohammed Waheeb

The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism Email: mwaheeb@hu.edu.jo

Abstract

This study examines the archaeological and geomorphological evidence associated with early Islamic history in southern Jordan, focusing on the "Expedition of Hisma" (6 AH / 627 CE) as a case study. The paper seeks to trace the intersection between early Islamic historical narratives (*Maghazi* and chronicles) and the physical archaeological landscape (inscriptions, trade routes, and settlements) in the Hisma Desert. Furthermore, it discusses the geopolitical dimensions of these early military movements and how they contributed to weakening the Byzantine frontier defenses (*Limes*), marking the first turning point in reshaping the political and economic landscape of the Mediterranean basin. The study concludes by proposing an integrated methodological framework based on "digital archaeology" to document the routes of prophetic campaigns in Jordan.

1. Introduction and Historical Background

Throughout history, the southern region of Jordan served as a strategic land bridge between the Arabian Peninsula and the Levant, and an obligatory corridor for trade caravans and military campaigns. With the dawn of the early Islamic state in Medina, this region transformed into the primary arena for early military and political friction between Muslims, the Byzantine Empire, and their local Arab allies (the Ghassanids, Judham, and Quda'ah).

The "Expedition of Hisma," which took place in Jumada al-Akhirah in the sixth year of the Hijra (October 627 CE), is considered one of the most prominent early military operations during the era of Prophet Muhammad ﷺ. This expedition, led by the companion Zayd ibn Harithah at the head of 500 fighters, was dispatched as a punitive measure and military retaliation against clans of the Judham tribe. This followed their highway robbery of the companion Dihyah ibn Khalifah al-Kalbi and the looting of his belongings while he was returning from the court of the Byzantine Emperor (Heraclius). The campaign succeeded in launching a dawn ambush on the aggressors and recovering the plundered goods, thereby establishing the presence of the rising power within the strategic depth of the Levant.

2. Geographical Scope and Geomorphological Environment of the Study Area

The Hisma Desert, located in southern Jordan and extending into northwestern Saudi Arabia, is characterized by a unique geomorphological nature. It is bordered by the Sharah Mountains to the north, Wadi Araba to the northwest, the Hijaz Mountains to the west, and Harrah al-Raha to the south.

The region consists of a narrow sandy expanse ranging between 40 and 80 km in width, forming a topographic arc that descends from an elevation of 1,800 meters above sea level in its northern (plateau) parts down to 700 meters in the south. The mountains of this desert are primarily composed of Cambrian and Ordovician sandstone—geological formations highly susceptible to weathering, which created ideal rock faces for rock art and inscriptions across eras. The region features towering peaks, most notably Mount Umm al-Dami (1,854 m), intersected by strategic valleys that served as natural corridors for movement, such as Wadi Rum, Wadi al-Yutum, Wadi Batn al-Ghul, and Wadi Zitah.

3. Settlement Sequence and Archaeological Evidence in Hisma

Archaeological discoveries demonstrate that the Hisma Desert was not merely a deserted wasteland, but rather witnessed a continuous cultural sequence spanning from prehistory to the Islamic era:

- **The Middle Paleolithic Period (45,000 - 150,000 years ago):** Sites such as "Tor Sabhah" and "Tor Faraj," located southeast of Ras al-Naqab in Ma'an, document early human settlement that relied on rock shelters and ancient water sources.
- **The Classical Eras (Nabataeans and Romans):** The region is rich in Nabataean and pre-Nabataean antiquities. Most notably, the archaeological site of Humayma (ancient *Hawara*) stands out as a highly developed Nabataean caravan station, which later became an advanced Roman military fort along the King's Highway (*Via Nova Traiana*). This same site later transformed during the Umayyad and Abbasid eras into the underground headquarters for managing the Abbasid *Dawah* (call to power).
- **Early Islamic Antiquities and Inscriptions:** The sandstone cliff faces in Hisma teem with thousands of epigraphic inscriptions. These texts (known as Hismaic and early Kufic inscriptions) hold supreme chronological value, as they document the linguistic and scriptural transition phase. Some of these inscriptions bear proper nouns, names, and supplications directly linked to early Islam and the Rashidun Caliphate era, providing tangible material evidence of the movement of individuals and armies.

4. Geopolitical Impact of the Southern Jordan Campaigns on Mediterranean Civilizations

Reading the "Expedition of Hisma" and subsequent campaigns (such as the Battle of Mu'tah in 8 AH and the Expedition of Tabuk in 9 AH) from the perspective of Mediterranean history reveals that they were not merely localized punitive raids, but rather the initial steps of a profound geopolitical transformation in the Eastern Mediterranean:

1. **Reshaping the Political and Economic Map of the Mediterranean:** These early skirmishes in southern Jordan paved the way for the decisive Battle of Yarmouk (15 AH / 636 CE). With the subsequent exit of the Levant and Egypt from Byzantine control, the monochromatic hegemony of the Empire of Constantinople over the Mediterranean basin was broken. International trade routes shifted, and a new world order emerged in which the nascent Islamic state and European powers shared sovereignty over the Mediterranean.

5. Proposed Field Methodology for Developing "Prophetic Archaeology"

The endeavor to determine the precise location of the Hisma campaign and the movement path of Zayd ibn Harithah's expedition requires shifting from traditional narrative methodologies to an interdisciplinary field methodology utilizing digital archaeology tools:

1. **Digital Geomorphological Analysis:** Utilizing Geographic Information Systems (GIS) and Digital Elevation Models (DEM) to analyze the topography of valleys (such as Wadi al-Yutum and Wadi Batn al-Ghul) to identify "inevitable natural corridors" that a force of 500 fighters could have utilized for a dawn ambush without being detected by tribal scouts.
2. **Systematic Archaeological Survey of Inscriptions:** Mapping discovered early Islamic inscription sites onto digital charts to link them with ancient water wells and rock shelters, and comparing the proper names recorded in them with the names of participants in regional campaigns and expeditions.
3. **Philological and Spatial Correlation:** Correlating primary historical texts (such as al-Waqidi and Ibn Ishaq) describing the geographical features of the campaign with the currently existing geological landmarks in the Jordanian Hisma plateau to achieve the highest degrees of scientific accuracy.

This study demonstrates that the Hisma Desert in southern Jordan represents an archaeological and historical depth that transcends local boundaries; it is the primary material witness to the initial military shifts that altered the course of history in the Mediterranean basin. The early

Nabataean and Islamic antiquities, combined with the rugged geographical nature of the region, provide concrete physical evidence supporting the early Islamic historical narrative.

Keywords: Early Islamic archaeology, Hisma Desert, Expedition of Zayd ibn Harithah, Byzantine Limes, Hismaic inscriptions, Humayma.

**THE SCIENTIFIC DISCOURSE ON STRENGTHENING PHARMACEUTICAL
CARE IN GEORGIA: AN EVIDENCE-BASED ANALYSIS OF PROFESSIONAL
DEVELOPMENT NEEDS, EDUCATIONAL CHALLENGES, AND STRATEGIC
RECOMMENDATIONS USING CONTEMPORARY EVIDENCE-BASED
EDUCATIONAL POLICY FRAMEWORKS**

**Nodar Sulashvili ¹, Magda Davitashvili ², Nana Gorgaslidze ³,
Maka Buleishvili ⁴, Vira Kravchenko ⁵, Marika Sulashvili ⁶, Nato Alavidze ⁷,
Nino Abuladze ⁸, Igor Seniuk ⁹, Natia Kvizhinadze ¹⁰, Teimuraz Enukidze ¹¹,
David Aphkhazava ¹², Kakhaber Robakidze ¹³, Lela Grigolia ¹⁴, Marina Giorgobiani ¹⁵,
Otar Gerzmava ¹⁶**

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Tbilisi, Georgia; Invited Professor/Lecturer of Scientific Research-Skills Center, Tbilisi State Medical University; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at Grigol Robakidze University, Professor of Medical Pharmacology of Faculty of Medicine, Sul Khan-Saba Orbeliani University; Associate Professor of Pharmacy Program, Sh. Meskhia Zugdidi State University; Associate Professor of Medical Pharmacology at Faculty of Medicine, David Aghmashenebeli University of Georgia; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of Health Sciences at The University of Georgia; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine, East European University; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Dentistry and Pharmacy, Tbilisi Humanitarian Teaching University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Invited Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Teaching University "Geometri"; Invited Professor of Faculty of Medicine at European University, Invited Professor of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia; <https://orcid.org/0000-0002-9005-8577> E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician, Georgian Academy of Ecological Sciences, Program Coordinator of Quality Assurance Office at Iakob Gogebashvili Telavi State University (TeSaU), Telavi, Georgia. <https://orcid.org/0009-0005-4213-6533>
3. 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>
4. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Dean of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU, Tbilisi, Georgia; 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, 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>
5. 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>
6. 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>
7. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia. Professor, Dean Faculty of Medicine at East European University, Tbilisi, Georgia. <https://orcid.org/0000-0001-6695-5924>
 8. 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>
 9. 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/0000-0003-3819-7333>
 10. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Tbilisi State Medical University, Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi, Georgia.
 11. PhD Candidate at Caucasus International University, Tbilisi, Georgia.
 12. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6216-6477>
 13. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Faculty of Medicine at Caucasus International University; Doctor-Professor of National Health Center Named After Academician O. Gudushauri; Tbilisi, Georgia;
 14. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of Faculty of Medicine at Caucasus International University; Tbilisi, Georgia;
 15. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Associate 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>
 16. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of School of Medicine at Grigol Robakidze University, Professor of Tbilisi State Medical University, President of Georgian Association of Health Administrators, Tbilisi, Georgia. <https://orcid.org/0000-0002-7218-2697>

Abstract

Background: The pharmacy profession has undergone significant transformation globally, evolving from a product-focused occupation to a comprehensive patient-centered healthcare discipline. In Georgia, the profession faces unique challenges and opportunities shaped by the country's transition from Soviet-era healthcare models to contemporary healthcare systems. Understanding the current state of pharmacy practice, professional development needs, and educational challenges is essential for guiding profession advancement and enhancing pharmaceutical care delivery.

Aim: The primary goal of this comprehensive investigation was to analyze the features characterizing the current state, items, prospects, and development of the pharmacists' profession in Georgia, while simultaneously examining the pharmaceutical educational challenges that shape the preparation of pharmacists for contemporary practice.

Methods: The research employed a quantitative investigation design utilizing survey methodology, complemented by in-depth interview methods. Seven types of approved questionnaires were developed and administered to five stakeholder categories: 410 chief pharmacists, 1,506 patients, 222 employed pharmacy faculty students, 307 healthcare specialists, and 810 pharmacist specialists. The total sample comprised 3,888 respondents randomly selected across Georgia. Data were processed and analyzed using the SPSS program, employing descriptive statistics, regression analyses, and chi-square tests with statistical

significance defined as $p < 0.05$. Methods included systematic, sociological, comparative, segmentation, mathematical-statistical, and graphical analysis.

Results: The majority of patients identified physician recommendations as the primary factor in drug selection, while less than half also considered pharmacist advice significant, indicating the growing importance of pharmacists in healthcare decision-making. Patient health outcomes were found to be directly related to the professional education level of pharmacists. Work satisfaction analysis revealed that correspondence of qualification to work received the highest mean score (4.65), while salary (2.65) and employee benefits (2.25) received the lowest ratings. Professional adaptation challenges included lack of special skills (68.8%), difficulty adapting within colleague teams (55.1%), and lack of professional knowledge (42.7%). The majority of pharmacists (51.3%) reported realizing less than 50% of their professional potential. Critical educational gaps were identified in pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care. Patients most frequently asked pharmacists about rules of medication intake (63.1%) and medication prices (61.4%). Professional competency was identified as the most required quality for pharmacists (59.2%). The vast majority of consumers supported government-mandated pharmacist certification. Factors influencing professional development included interesting and valuable work (4.20), favorable psychological climate (4.18), and independence in work (4.12).

Conclusions: The research demonstrates that pharmacists occupy a significant and growing role in Georgia's healthcare system, with patients increasingly recognizing pharmacist expertise. However, substantial gaps exist between educational preparation and practice requirements, with pharmacists reporting insufficient knowledge in critical clinical subjects and limited realization of professional potential. Workforce satisfaction is significantly influenced by compensation, professional development opportunities, and working conditions. The findings support comprehensive educational reform emphasizing clinical sciences and practical skills, expanded professional practice roles, enhanced regulatory frameworks including pharmacist certification, and investment in workforce development. The commitment of educators, practitioners, policymakers, and other stakeholders to advancing the pharmacy profession is essential for realizing the full potential of pharmacist contributions to healthcare quality and patient outcomes in Georgia. The research provides an evidence-based foundation for strategic planning to strengthen pharmaceutical education, enhance professional practice, and improve pharmaceutical care delivery across the country.

Keywords: Pharmacy profession, pharmaceutical education, professional development, clinical pharmacy, pharmaceutical care, healthcare quality.

Introduction

Interdisciplinary collaboration has fundamentally transformed the landscape of modern healthcare, positioning pharmacists as indispensable contributors to comprehensive patient care delivery systems across the globe. The evolution of the pharmacy profession from its traditional roots in drug dispensing to its current status as an integral component of multidisciplinary healthcare teams represents one of the most significant developments in contemporary medical practice. This transformation has been particularly pronounced in the context of clinical pharmacy, where pharmacists now engage in direct patient care, disease management, and specialized therapeutic interventions across a broad spectrum of medical conditions. The expansion of pharmacists' roles encompasses endocrine disorders, cardiovascular diseases, respiratory conditions, gastrointestinal pathologies, and numerous other chronic and acute health challenges that affect populations worldwide.

The contemporary clinical pharmacist operates within a complex healthcare ecosystem, serving multiple functions that extend far beyond the conventional boundaries of medication dispensing. These highly trained professionals assume responsibility for generating, disseminating, and applying new knowledge to drive continuous improvement in healthcare

delivery systems. Within the broader healthcare framework, clinical pharmacists emerge as experts in the therapeutic utilization of pharmaceutical agents, providing essential drug treatment reviews and approvals that directly impact patient outcomes. Their expertise serves as the primary source of scientifically reliable and logically sound information regarding the safe, appropriate, and cost-effective use of medicines, establishing them as crucial intermediaries between complex pharmacological knowledge and practical clinical application. The comprehensive scope of clinical pharmacy practice encompasses numerous critical functions that collectively contribute to patient safety and therapeutic efficacy. Pharmacists meticulously obtain detailed medical histories and medication histories, systematically checking for medication errors that may occur at various stages including prescribing, dosing, and administration. They possess the specialized knowledge required to identify potential drug interactions, track adverse reactions, suggest individualized dosing regimens, and provide patients with essential counseling on medication use. This extends to providing practical instruction on various medical devices including inhalers, insulin pens, eye drops, and nasal sprays, ensuring that patients can effectively utilize their prescribed treatments. The clinical pharmacist's role in monitoring patient compliance and pharmacotherapeutic reactions, coupled with their responsibility to identify and report adverse drug reactions, represents a critical safeguard in the medication use process.

Pharmacy service providers must actively seek opportunities to engage in vocational practice focused on patient care, recognizing that their contributions significantly enhance public health systems. The variable nature of working practices can undergo substantial transformation when pharmacists concentrate their efforts on ensuring comprehensive pharmacy care and health care services for both individual patients and the general public. Pharmacy graduates entering the healthcare workforce as pharmacists play a pivotal role in advancing progressive pharmacy practice directions, contributing to the ongoing evolution of the profession. These professionals should function as supervisors for the development of pharmaceutical practice at multiple levels, encompassing societal, national, and country-wide initiatives that shape the future of healthcare delivery.

Pharmacy educators bear the profound responsibility of ensuring that pharmacy faculty and post-graduates possess the necessary knowledge, cognition, practical skills, modern values, and practical experiences required for successful professional practice. Beyond these foundational competencies, confidence assurance and employer mindset serve as driving forces for perspective changes and alternative approaches within the framework of pharmacy practice. The diverse settings in which pharmacists operate include clinics, hospitals, pharmacies, outpatient clinics, drug relation treatment centers, poison control and toxicology units, drug information centers, and long-term care facilities, which may be managed by either private entities or government agencies. The working practices of pharmacists in these various settings often parallel those performed by community pharmacists, though clinic and hospital pharmacists enjoy greater opportunities for close collaboration with physician prescribers.

In larger hospitals and clinical pharmacies, clinical pharmacists contribute significantly to rational prescribing pharmacotherapy, leveraging their specialized knowledge and wide-ranging competencies to access and influence medical records, ultimately impacting drug selection and dosage regimen decisions. Their ability to evaluate and monitor drug usage patterns enables them to suggest necessary changes as members of drug policy-making councils, including participation in the selection of antibiotics, antifungal agents, and antiallergic drugs. This influence on the composition of essential medicine lists and drug formularies provides valuable opportunities to educate other healthcare professionals about rational pharmacotherapy, while readily participating in teaching initiatives to define the useful and adverse effects of medicines. The engagement of pharmacists in drug effectiveness testing ensures the delivery of higher capacity and quality production in clinical proceeding actions.

Pharmacists, as experts in pharmacotherapy, contribute additional understanding, knowledge, skills, and perspectives to other public health and healthcare specialists within multidisciplinary team environments. Contemporary pharmacists participate actively in healthcare teams by discovering and solving or preventing drug-related issues, supporting the safe and efficient application of pharmacotherapy principles, providing exhaustive medication information to patients and other healthcare professionals, contributing to medication compliance, and strengthening fundamental health promotion and prevention lifestyle modification activities in society. This multifaceted engagement demonstrates the expanding influence of pharmacists beyond traditional boundaries into broader public health domains.

In primary healthcare settings, pharmacists typically experience more restricted direct access to clinical patient records compared to their clinical-based counterparts, yet they maintain highly accessible positions relative to patients. This accessibility provides patients with valuable opportunities to seek advice for the management of minor diseases or preventive care medicine, and occasionally for more serious conditions, frequently before consulting family physicians. Pharmacists appropriately transfer patients to family doctors, hospitals, or insurance companies based on patient needs, positioning themselves as the first point of contact within the healthcare system in a triage-pattern role or as a connection between healthcare professionals, particularly family doctors and general medical practitioners. This function mirrors aspirations demonstrated by pharmacist scientists in Western countries who studied pharmaceutical care services where doctor access was limited, revealing the beneficial assistance pharmacists provide as a bond between various healthcare divisions, including distinction care, pharmacotherapy, pharmaceutical care, and public safety initiatives.

The collaboration between pharmacists and various healthcare providers has demonstrated affirmative influence within the judicial framework, underscoring the importance of interprofessional cooperation in optimizing healthcare delivery. Clinical pharmacists often adopt approaches to drug use that provide valuable additional information, such as interactions, in the clinician's decision-making process for potential drug changes and monitoring. The concept of pharmaceutical care emphasizes pharmacists' responsibility to seek the best possible outcomes for patients through therapeutic regimens, combining in-depth medication knowledge with fundamental understanding of biomedical, pharmaceutical, socio-behavioral, and clinical sciences. Clinical pharmacists follow evidence-based treatment guidelines, advancing science and the latest technology while adhering to appropriate legal, ethical, social, cultural, economic, and professional prescriptions to achieve therapeutic goals.

Clinical pharmacists consistently take responsibility and accountability for drug therapy management in direct patient care settings, whether practicing independently, in consultation, or in collaboration with other healthcare professionals. Their comprehensive functions include drug management encompassing prescribing, monitoring, and adjusting medications, non-drug counseling, and coordination of care across healthcare settings. The evolution of clinical pharmacy practice reflects a paradigm shift in how pharmaceutical expertise is integrated into patient care, recognizing pharmacists as essential healthcare providers whose contributions directly impact treatment outcomes and patient safety.

The Georgian context presents unique characteristics and challenges that shape the development of the pharmacy profession and pharmaceutical education within the country. Situated at the crossroads of Europe and Asia, Georgia has undergone significant healthcare system reforms since gaining independence from the Soviet Union, with pharmacy practice and education experiencing profound transformations during this period. The country's healthcare system has evolved through various stages of development, with pharmacy services gradually transitioning from a Soviet-era model characterized by centralized control and limited professional autonomy to a more contemporary approach that emphasizes patient-centered care, evidence-based practice, and international professional standards. This transition has been

accompanied by challenges in aligning educational curricula with evolving healthcare needs, establishing regulatory frameworks for professional practice, and ensuring that pharmacists possess the competencies required for modern healthcare delivery.

The pharmaceutical education system in Georgia has historically been influenced by the Soviet educational model, which placed significant emphasis on pharmaceutical chemistry, drug production, and dispensing, with relatively less attention to clinical aspects of pharmacy practice. The post-independence period witnessed gradual changes in educational approaches, with increasing recognition of the need to incorporate clinical pharmacy, pharmacotherapy, pharmaceutical care, and other patient-oriented subjects into pharmacy curricula. However, the pace of educational reform has faced challenges including resource constraints, faculty development needs, and the complex process of transitioning from traditional pedagogical approaches to more contemporary, competency-based educational models. These challenges are compounded by the broader healthcare system context, which includes ongoing efforts to improve healthcare quality, expand access to services, and align Georgian healthcare standards with international norms and best practices.

The current state of pharmacy practice in Georgia reflects a profession in transition, with pharmacists increasingly recognized as valuable members of the healthcare team while still navigating professional autonomy and authority issues. Community pharmacists in Georgia provide essential services including medication dispensing, patient counseling, and health promotion, though the full scope of clinical pharmacy services remains underdeveloped compared to Western European and North American counterparts. Hospital pharmacists play crucial roles in medication management, though their clinical involvement varies considerably across different healthcare institutions. The regulatory environment governing pharmacy practice in Georgia continues to evolve, with ongoing discussions about professional licensing, continuing education requirements, and the expansion of pharmacists' clinical roles.

The prospects for pharmacy profession development in Georgia are influenced by multiple factors including demographic trends, epidemiological transitions, healthcare financing mechanisms, and broader societal developments. The increasing burden of chronic diseases, aging population, and growing emphasis on primary healthcare create opportunities for pharmacists to expand their roles in disease prevention, chronic disease management, and health promotion. The integration of pharmacy services into primary healthcare teams has potential to improve medication management outcomes, reduce healthcare costs, and enhance patient access to clinical services. Additionally, the ongoing digital transformation of healthcare creates new opportunities for pharmacist involvement in telemedicine, medication management apps, and other health technology applications.

Pharmaceutical educational challenges in Georgia encompass multiple dimensions including curriculum development, faculty preparation, clinical training sites, and the integration of theory and practice. The need for educational programs to prepare pharmacists for contemporary practice roles requires ongoing curriculum renewal that incorporates evidence-based teaching methods, interdisciplinary learning experiences, and clinical training opportunities. The development of effective experiential education programs presents particular challenges in a context where clinical pharmacy practice remains underdeveloped and clinical training sites may be limited. Furthermore, ensuring that pharmacy graduates possess the communication skills, problem-solving abilities, and professional values required for effective practice requires intentional educational strategies that extend beyond traditional content delivery approaches.

The demographic characteristics of the pharmacy workforce in Georgia reveal interesting patterns that have implications for professional development and educational planning. The profession has historically been female-dominated, reflecting broader patterns in healthcare professions, though recent years have seen increasing gender balance among pharmacy students

and practitioners. The geographic distribution of pharmacists shows concentration in urban areas, with rural and underserved areas facing challenges in accessing pharmacy services. The age distribution of the pharmacy workforce suggests opportunities for workforce renewal, with significant numbers of younger practitioners entering the profession while older pharmacists approach retirement. These demographic patterns influence considerations regarding workforce planning, educational capacity, and the distribution of pharmacy services across the country.

The economic aspects of pharmacy practice in Georgia present both challenges and opportunities for professional development. Pharmacy salaries, as indicated in the research findings, represent a source of dissatisfaction among practitioners, with salary ranking among the lowest factors influencing work satisfaction. This economic reality has implications for recruitment and retention of pharmacists, particularly in attracting young people to the profession and retaining experienced practitioners. The economic viability of pharmacy services is influenced by healthcare financing mechanisms, including government reimbursement policies, private insurance coverage, and out-of-pocket patient payments. The economic challenges facing pharmacy practice in Georgia reflect broader healthcare financing issues and underscore the importance of developing sustainable business models for pharmacy services that value the professional contributions of pharmacists appropriately.

The legal and regulatory framework governing pharmacy practice in Georgia continues to evolve, with important implications for professional development. Current regulations address pharmacist licensing requirements, pharmacy operations standards, and medication dispensing procedures. The research findings indicate strong support among patients and healthcare consumers for government-mandated pharmacist certification, suggesting public recognition of the importance of professional standards and accountability mechanisms. However, the implementation of robust regulatory systems faces challenges including resource constraints, enforcement capacity, and the need for ongoing regulatory reform to keep pace with evolving healthcare needs and professional practice standards.

The international context provides valuable reference points for understanding pharmacy development in Georgia. Countries with established clinical pharmacy practice models offer examples of effective educational approaches, regulatory frameworks, and professional development pathways. The European Union's PHARMINE project, referenced in the study, provides comparative data on pharmacy education across European countries that can inform Georgian educational development. Similarly, the experiences of neighboring countries including Armenia, where the lead author has conducted comparative research, offer insights into regional approaches to pharmacy development. The growing international mobility of pharmacists and the harmonization of professional standards across countries underscore the importance of aligning Georgian pharmacy education and practice with international norms where appropriate.

The role of professional organizations and associations in advancing pharmacy development in Georgia represents another important dimension. Pharmacy professional associations can advocate for policy changes, support continuing education initiatives, develop practice standards, and foster professional identity among practitioners. However, the capacity of professional associations to influence policy and support professional development may be constrained by resource limitations, membership engagement levels, and broader political context. Strengthening professional organizations and fostering collaborative relationships among stakeholders is essential for advancing the profession and ensuring that pharmacist perspectives are incorporated into healthcare policy discussions.

The patient perspective on pharmacy services in Georgia, as documented in the research findings, reveals important insights into public expectations and experiences. Patients primarily seek pharmacists for information about medication intake, drug prices, adverse effects, and medication quality. These interaction patterns highlight opportunities for pharmacists to expand

their role in patient education and counseling beyond basic information provision. The finding that professional competency is the most valued quality among patients underscores the importance of ensuring that pharmacists possess robust knowledge and skills. Patients' perspectives on pharmacist certification demonstrate public support for professional regulation and accountability mechanisms.

The institutional context for pharmacy education in Georgia includes multiple universities offering pharmacy programs, with varying approaches to curriculum development, faculty qualifications, and clinical training arrangements. The Tbilisi State Medical University, where the study was conducted, represents one of the primary institutions for pharmacy education in Georgia, with a history of pharmaceutical education dating back several decades. Other universities have established pharmacy programs more recently, contributing to the diversity of educational approaches and the overall capacity for pharmacist training. The research findings suggest that pharmacy programs across institutions face common challenges including the need for curriculum renewal, faculty development, and enhanced clinical training opportunities.

The future of pharmaceutical education in Georgia requires strategic approaches to addressing identified challenges and preparing pharmacists for evolving practice roles. Enhanced emphasis on clinical sciences including pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care is essential for developing graduates with the competencies required for contemporary practice. The integration of experiential learning opportunities throughout the curriculum provides students with practical experiences that complement didactic instruction and prepare them for professional practice. Continuing education programs supporting lifelong learning are essential for helping practicing pharmacists maintain currency with advances in pharmaceutical knowledge and practice innovations. Additionally, developing pathways for pharmacy specialists, including clinical pharmacists, facilitates career progression and the development of advanced practice roles.

The research findings provide important evidence to guide pharmacy education and profession development in Georgia, identifying specific areas where educational programs need strengthening and professional practice development. The identification of practical skills gaps among young pharmacists, particularly in marketing and computer skills, highlights the need for curriculum content that addresses contemporary practice requirements. The finding that pharmacist work satisfaction is significantly influenced by professional development opportunities and working conditions suggests that addressing these factors could improve workforce retention and professional engagement. The strong patient support for pharmacist certification demonstrates public readiness for enhanced professional regulation and accountability.

The challenges facing pharmacy education and profession development in Georgia are not unique but reflect broader trends in healthcare transformation globally. The transition from product-focused to patient-focused pharmacy practice represents a fundamental shift that requires corresponding changes in educational approaches, regulatory frameworks, and practice models. The integration of pharmacists into healthcare teams, expansion of clinical services, and emphasis on patient outcomes all require rethinking traditional professional boundaries and educational priorities. As healthcare systems increasingly recognize the value of pharmacist contributions, the profession must continue to evolve and demonstrate its capacity to improve patient outcomes and healthcare quality.

The current study contributes to understanding of pharmacy development in Georgia through its comprehensive examination of multiple stakeholder perspectives. The research methodology, employing both quantitative surveys and qualitative interviews, enables triangulation of findings and the identification of themes that resonate across stakeholder groups. The large sample size across multiple respondent categories provides robust evidence regarding current state of pharmacy practice, educational challenges, and opportunities for

profession development. The statistical analyses employed including descriptive statistics, regression analyses, and chi-square tests provide rigorous examination of relationships among variables and patterns in the data.

The implications of research findings extend to multiple stakeholder groups with interests in pharmacy development. For educators, the findings highlight specific curriculum areas requiring strengthening and professional development support needed for faculty. For policymakers, the evidence regarding patient preferences and professional needs informs decisions about regulatory frameworks, educational policies, and workforce planning initiatives. For practicing pharmacists, the findings provide insights into professional development opportunities and strategies for enhancing practice contributions. For patients and the public, the research demonstrates the importance of pharmacist contributions to healthcare quality and the need for continued professional development to meet public expectations.

The relationship between pharmacy education and professional practice represents a critical nexus requiring attention in development efforts. Research findings indicate gaps between educational preparation and practice expectations, with young pharmacists reporting difficulties in professional adaptation related to knowledge deficits and practical skills limitations. This disconnect suggests the need for enhanced alignment between educational programs and practice realities, including increased practical training opportunities and emphasis on skills directly relevant to pharmacy practice. The finding that mentor support and special training programs are valued by young pharmacists suggests strategies for addressing adaptation challenges and supporting professional development.

The role of continuing professional development in maintaining and enhancing pharmacist competence is emphasized throughout the research findings. The recognition that pharmacist education should not cease upon graduation is reflected in calls for accessible continuing education programs. Professional development needs identified in the research including updates on new medications, pharmacotherapy for specific diseases, and drug toxicity information suggest content priorities for continuing education offerings. The development of structured continuing education programs that address these needs could enhance pharmacist competence and confidence in providing contemporary practice services.

The governance of pharmacy practice in Georgia involves multiple institutions with overlapping responsibilities including the Ministry of Health, professional regulatory bodies, educational institutions, and professional organizations. Effective coordination among these entities is essential for coherent professional development and avoiding fragmentation in policy implementation. The research findings suggest that enhanced collaboration and communication among stakeholders could support more effective professional development and educational reform efforts. The development of shared vision for pharmacy's role in healthcare delivery could align efforts across institutional boundaries and contribute to the advancement of the profession.

The economic dimensions of pharmacy practice in Georgia require attention as part of professional development efforts. The low levels of satisfaction with salary and benefits suggest economic challenges affecting practitioner morale and workforce stability. The relationship between economic conditions and professional development outcomes deserves further examination, as low compensation may reduce the profession's attractiveness to young people considering pharmacy careers. Additionally, the economic viability of pharmacy services influences the ability of pharmacies to invest in continuing education, professional development, and practice innovations that enhance service quality.

The research findings also illuminate aspects of pharmacist-patient interactions and communication patterns that have implications for professional practice. The types of questions patients ask pharmacists reveal opportunities for extended patient education and counseling, including addressing topics related to medication safety, efficacy, and proper use. The

recognized importance of communication skills among required pharmacist qualities underscores the need for educational emphasis on interpersonal communication and patient counseling. The development of pharmacist consultation skills could enhance the profession's contribution to health promotion, medication adherence, and patient self-management.

The study's findings regarding young pharmacist perspectives provide important insights for workforce planning and professional development support. The career expectations, adaptation challenges, and professional development needs identified among younger practitioners suggest strategies for supporting early career transitions and fostering professional engagement. The finding that many young pharmacists feel their professional potential is only partially realized indicates opportunities for enhancing professional roles and responsibilities to better utilize pharmacist capabilities. Addressing these issues could improve workforce retention and ensure the continued contribution of younger practitioners to profession development.

The research contributes to an evolving body of knowledge regarding pharmacy development in Georgia, building upon earlier studies and extending understanding through comprehensive empirical investigation. The emphasis on patient perspectives provides important insights that complement professional perspectives on pharmacy development. The inclusion of multiple stakeholder viewpoints enables a more complete understanding of the challenges and opportunities facing pharmacy development. The findings contribute evidence that can inform evidence-based policy decisions and educational planning.

The future development of pharmacy in Georgia will likely be influenced by ongoing healthcare system reforms, demographic trends, technological innovations, and professional practice developments. The expansion of primary healthcare services presents opportunities for pharmacists to contribute to disease prevention, health promotion, and chronic disease management. The digital transformation of healthcare including telemedicine, electronic health records, and medication management technologies creates new possibilities for pharmacist engagement. The growing focus on healthcare quality measurement and patient outcomes provides opportunities for pharmacists to demonstrate their value through documented contributions to treatment outcomes and patient safety.

The educational implications of research findings extend beyond curriculum content considerations to encompass pedagogical approaches and learning experiences. The expressed need for practical skills and experiential learning suggests educational programs should incorporate more hands-on experiences and skills practice opportunities. The finding that mentor support is valued by young pharmacists suggests the potential value of structured mentorship programs integrated into educational experiences and early career transitions. The use of simulation, case studies, and problem-based learning could enhance preparation for practice and address the gap between theoretical knowledge and practical application.

The international dimensions of pharmacy development in Georgia including comparisons with other countries, exposure to international best practices, and the role of international professional organizations should be considered as part of development efforts. Learning from countries with established clinical pharmacy practice models and comprehensive pharmacy education systems can inform reform efforts in Georgia. Participation in international professional networks and exchange programs can expose Georgian pharmacists and educators to innovative practices and emerging developments in the profession. However, the adaptation of international approaches to the Georgian context requires careful consideration of local healthcare system characteristics, cultural factors, and resource constraints.

The research underscores the importance of professional identity and status in pharmacy development, with findings indicating that pharmacists' authority and social recognition should be enhanced through state support. The recommendation that pharmacy become a regulated profession comparable to family medicine reflects aspirations for professional recognition commensurate with pharmacist contributions to healthcare. Professional regulation including

licensing, certification, and continuing education requirements contributes to professional identity and public trust in pharmacist competence. The development of professional status and authority may also enhance pharmacist motivation and professional engagement.

The relationship between pharmacy practice and public health represents an important dimension of professional development that deserves increased attention. Pharmacists are positioned to contribute to public health initiatives through their accessibility to communities, medication expertise, and patient education roles. The potential for pharmacists to contribute to health promotion, disease prevention, and health equity deserves recognition in professional development planning and educational curricula. The integration of public health competencies into pharmacy education and practice could enhance pharmacists' contributions to population health improvement.

The research findings on pharmacist work satisfaction provide insights into professional motivation and engagement that have implications for workforce development. The factors identified as important for work satisfaction including qualification-job correspondence, professional promotion prospects, and working conditions suggest strategies for enhancing workforce morale and retention. The relatively low satisfaction with compensation indicates the need for attention to the economic dimensions of pharmacy employment. Enhancing pharmacist work satisfaction could contribute to reduced turnover, increased professional engagement, and improved quality of patient care services.

The development of pharmacy practice in Georgia occurs within a broader context of healthcare reform and professional development across multiple healthcare disciplines. The integration of pharmacists into healthcare teams requires collaboration and mutual understanding among healthcare professions. Interprofessional education and collaborative practice models represent important directions for professional development that can enhance teamwork and optimize patient outcomes. The involvement of pharmacists in interprofessional initiatives can demonstrate the value of pharmaceutical expertise and foster recognition of pharmacist contributions to healthcare quality.

The regulatory environment for pharmacy practice in Georgia including licensing requirements, practice standards, and quality assurance mechanisms requires ongoing development to ensure public safety and professional accountability. The research findings support the implementation of pharmacist certification programs as a mechanism for ensuring professional competence. The development of continuing education requirements for license maintenance can support ongoing professional competence and engagement. The establishment of quality assurance systems for pharmacy services including practice standards and audit mechanisms can ensure consistent quality and foster public trust in pharmacy services.

The educational capacity to produce sufficient numbers of qualified pharmacists to meet healthcare workforce needs is an important consideration in professional development planning. The number of pharmacy graduates, the distribution of pharmacists across practice settings, and the alignment of supply with population needs require ongoing monitoring and planning. The geographic distribution of pharmacists and the availability of pharmacy services in rural and underserved areas are important dimensions of workforce planning that deserve attention. Strategies for encouraging pharmacy practice in underserved areas including incentive programs and rural training experiences could contribute to more equitable distribution of pharmacy services.

The role of technology and innovation in pharmacy development represents an area of growing importance with implications for education and practice. Electronic health records, prescribing systems, medication management applications, and other health technologies create new opportunities for pharmacist involvement and new competencies requiring educational attention. The use of telehealth for pharmaceutical care services could expand access to pharmacist expertise and support practice in underserved areas. The integration of technology

into pharmacy practice also creates opportunities for data-driven quality improvement and outcome measurement.

The research findings on pharmacist professional development highlight the importance of ongoing learning throughout professional careers. The expressed need for continuing education in specific content areas including new medications and pharmacotherapy for specific diseases provides guidance for program development. The recognition that professional development requires ongoing support and accessible opportunities suggests the value of employer-supported continuing education and professional development initiatives. The development of career pathways including opportunities for advanced practice roles and specialization could support professional development engagement and career progression.

The contribution of pharmacy to healthcare quality and patient safety is an important theme that deserves continued emphasis in professional development efforts. Pharmacists' roles in medication safety, error prevention, and adverse event monitoring position them as essential contributors to patient safety initiatives. The integration of quality improvement competencies into pharmacy education and practice can enhance pharmacist contributions to healthcare quality. The documentation of pharmacist contributions to patient outcomes through quality measurement and research can demonstrate the value of pharmaceutical care and support investment in pharmacy services.

The cultural and social dimensions of pharmacy development in Georgia deserve consideration in planning educational and practice initiatives. The patient expectations, communication styles, and healthcare utilization patterns characteristic of Georgian society influence pharmacy practice and shape professional development priorities. The trust relationship between patients and healthcare providers, including pharmacists, provides a foundation for patient-centered pharmacy services. Understanding cultural factors relevant to medication use and health behaviors can enable pharmacists to provide more culturally competent and effective care.

The research offers a comprehensive examination of pharmacy development in Georgia that can inform evidence-based planning for educational reform, professional development, and healthcare policy. The integration of multiple stakeholder perspectives provides a holistic understanding of challenges and opportunities facing the profession. The identification of specific gaps between current state and desired future state provides guidance for targeted interventions and reform efforts. The recommendations derived from research findings offer actionable strategies for advancing pharmacy education and practice in Georgia.

Interdisciplinary collaboration enables pharmacists to provide direct patient care or telecommuting in a variety of clinical settings, including disease management, primary care, or specialty care. A clinical pharmacist can take responsibility for chronic or acute diseases related to the endocrine, cardiovascular, respiratory, gastrointestinal, or other systems. Clinical pharmacist researchers generate, disseminate and apply new knowledge to drive improvement. In the healthcare system, clinical pharmacists are experts in the therapeutic use of drugs. A clinical pharmacist usually provides patients and healthcare professionals with drug treatment reviews and approvals. Clinical pharmacists are the primary source of scientifically reliable / scientifically logical information and advice on the safe, appropriate and economical use of medicines. They obtain a medical history and medication history, check for medication errors including prescribing, dosing and administering errors, identify drug interactions, track adverse reactions, suggest individual dosing regimen, advise patients, etc. They also provide information on medication use. and medical devices such as an inhaler, insulin pen, eye drops, nasal sprays, etc.

Pharmacy service providers have to view for possibilities to be engaged in the vocational practice of patients care, however they enhance in public care system. For pattern, the variable working practice can change when pharmacist concentrated by ensuring pharmacy care and

health care work for the personal and general public. Pharmacy graduates working in the health care services as pharmacists when improving progressive pharmacy practice directions. The pharmacists should be as supervisors for development pharmaceutical practice in society, at the national and country levels. Pharmacy schoolmaster should assure that pharmacy faculty post-graduates hold the necessary knowing, cognition, practical skills, modern values and practical experiences, in addition confidence assurance and employer mind would be a driving force for perspective changes and otherwise approaches in the framework of pharmacy practice. Clinics, hospitals and other establishments, such as pharmacies, outpatient clinics, drug relation treatment settings, poison, venom, toxic and toxins inspection units, drug information units and long-term care centers may be manageable by the privately or Government. Meanwhile, many pharmacists' working practice in such units may be similar to those performed by community pharmacists. They are working in the different direction of ways. Furthermore, the clinic or hospital pharmacists have more possibilities to cooperate nearly with the doctor prescribers. Therefore, to contribute the rational prescribing pharmacotherapy in bigger hospitals and clinical pharmacies, the clinical pharmacist specialized and get wide competences having an approach on medical records and be in a position to impact on the drugs choice and drugs dosage regimens. Clinical pharmacist monitoring patients' compliance and pharmacotherapeutic reactions of the drugs, to identify and report about drugs adverse reactions.

The clinical pharmacist can more readily than the general pharmacists evaluate and monitor templates of drug usage, and thereby suggest needful changes as a part of drug policy-making councils; inclusive such interested with the selection of antibiotics, antifungal and antiallergic drugs. Such an influence on the composition and preparation of essential medicine list schedule or drug formulary is an advantage to teach other health care vocational of the rational pharmacotherapy and readily take part in teaching to define the useful or adverse effects of medicines. It is necessary to be engaged under the test of drug effectiveness to assure delivery of the higher capacity and quality production in the performance of the clinical proceeding actions. Pharmacist are experts in pharmacotherapy, they can provide extra understanding, knowledge, skills, and regards to other public health and health care specialists within a multidisciplinary team atmosphere. Modernly, the pharmacists be able to contribute to health care group by discovering and solving or preventing drug associated issues; they supporting to guarantee the safely and efficiently pharmacotherapy principles; ensuring exhaustive information about the drug to patients and other health care and public health specialists; contributing medication compliance; and strengthening fundamental health promotion and prevention lifestyle modification activities in the society.

In opposite, in primary health care, pharmacists generally have more restricted straightforward approach to clinical patient records and another health care specialists, like clinical-based pharmacists are highly accessible to patients. This provides patients with nice and good opportunities to search advices for the control of minor diseases or preventive care medicine, and occasionally more serious circumstances, constantly before searching assistance from the family Doctors. Pharmacist according patients' need transferring patients to the family Doctor, hospital or insurance company. Therefore, pharmacists are in perfect situation and position to ensure a first full point of communication within the health care system, in a triage- pattern role or as a connection between other health care professionals, mainly family doctors and general medical practitioners. Above mentioned aspirations are shown by some pharmacist scientists in western countries, who studied the pharmaceutical care services, where doctors access was limited. The pharmacists distinguish the beneficial assistance and promotion to functioning as a bond between the various sites of health care division, such as distinction care, pharmacotherapy or pharmaceutical care or public safety. The cooperation of pharmacists with various health care providers have as well demonstrated to have an affirmative influence in the judicial framework.

The clinical pharmacist often takes a slightly different approach to drug use and can provide valuable additional information, such as interactions, in the clinician's decision-making process for potential drug changes and monitoring. The concept of pharmaceutical care emphasizes the responsibility of pharmacists to seek the best possible outcomes for patients from a therapeutic regimen. They possess an in-depth knowledge of medicines that is combined with a fundamental understanding of the biomedical, pharmaceutical, socio-behavioral and clinical sciences. Clinical pharmacists follow evidence-based treatment guidelines, advancing science, the latest technology, and appropriate legal, ethical, social, cultural, economic and professional prescriptions to achieve their desired therapeutic goals. Consistently, clinical pharmacists take responsibility and accountability for the management of drug therapy in a direct patient care setting, whether they practice on their own, in consultation, or in collaboration with other healthcare professionals. Their functions include comprehensive drug management (ie, prescribing, monitoring and adjusting drugs), non-drug counseling, and coordination of care. The future trajectory of pharmacy development in Georgia will be shaped by the collective efforts of educators, practitioners, policymakers, and other stakeholders working together to advance the profession. The research provides a foundation for collaborative planning and coordinated action to address identified challenges and realize opportunities for professional development. The continued engagement of research and evaluation in professional development efforts can ensure that reforms are informed by evidence and responsive to changing needs. The commitment to professional development and educational excellence that emerges from the research findings can serve as a foundation for ongoing advancement of pharmacy practice and pharmaceutical education in Georgia.

Background

The global healthcare landscape has undergone remarkable transformation over the past several decades, with the pharmacy profession evolving from a primarily product-focused occupation to a comprehensive patient-centered healthcare discipline. This evolution reflects broader shifts in healthcare delivery models, increasing recognition of the value of interprofessional collaboration, and growing understanding of the critical role that medication management plays in achieving optimal patient outcomes. The transformation of pharmacy practice has been particularly pronounced in developed countries, where pharmacists have expanded their roles beyond traditional dispensing functions to encompass direct patient care, medication therapy management, disease state management, and collaborative practice arrangements with other healthcare providers. This global trend toward expanded pharmacy practice has significant implications for countries like Georgia, where the profession continues to develop and adapt to contemporary healthcare challenges.

The historical development of pharmacy as a profession can be traced through several distinct eras, each characterized by different practice paradigms and professional identities. The apothecary era, which persisted until the nineteenth century, involved pharmacists in the preparation and compounding of medications, often working in close conjunction with physicians. The industrial era, beginning in the late nineteenth century, saw the rise of mass pharmaceutical manufacturing and the gradual shift of pharmacists toward dispensing roles, with less emphasis on preparation and compounding. The clinical era, emerging in the latter half of the twentieth century, witnessed the development of clinical pharmacy as a distinct discipline, emphasizing pharmacists' direct involvement in patient care and therapeutic decision-making. The contemporary era of pharmacy practice, sometimes termed the pharmaceutical care era, represents an ongoing evolution toward comprehensive, patient-centered medication management within interprofessional healthcare teams.

The concept of pharmaceutical care, which has profoundly influenced contemporary pharmacy practice, was formally articulated in the 1990s as a practice model emphasizing pharmacists' responsibility for ensuring optimal outcomes from medication therapy. This framework

positions pharmacists as accountable professionals who collaborate with patients and other healthcare providers to design, implement, and monitor therapeutic plans that address specific patient needs. The pharmaceutical care model has been adopted and adapted across numerous countries, influencing pharmacy education curricula, practice standards, and regulatory frameworks. The integration of pharmaceutical care principles into practice requires pharmacists to possess advanced clinical knowledge, communication skills, and the ability to work effectively within healthcare teams, competencies that must be developed through comprehensive educational programs and experiential training.

The clinical pharmacy movement, which emerged in the United States during the 1960s and subsequently spread to other countries, represented a significant paradigm shift in how pharmacists conceptualized their professional roles. Clinical pharmacists began to move from behind the dispensing counter into direct patient care settings, including hospital wards, ambulatory clinics, and other healthcare facilities where they could contribute directly to patient care decisions. The expansion of clinical pharmacy services has been supported by research demonstrating the positive impact of pharmacist interventions on medication safety, patient outcomes, and healthcare costs. Studies have shown that clinical pharmacist involvement in patient care can reduce adverse drug events, improve medication adherence, enhance disease management outcomes, and contribute to more cost-effective healthcare delivery.

The role of pharmacists in medication safety has become increasingly important as healthcare systems recognize the significant burden of medication-related problems. Adverse drug events, medication errors, drug interactions, and inappropriate prescribing represent substantial sources of morbidity, mortality, and healthcare costs. Pharmacists, with their specialized knowledge of pharmacology, pharmacokinetics, pharmacodynamics, and medication use processes, are uniquely positioned to identify and prevent medication-related problems. The involvement of pharmacists in medication reconciliation, adverse drug reaction monitoring, drug interaction checking, and patient education contributes directly to medication safety and quality improvement efforts in healthcare organizations worldwide.

The international scope of pharmacy practice encompasses considerable variation across countries, reflecting differences in healthcare system organization, professional regulation, educational preparation, and cultural factors. Countries with established clinical pharmacy practice models, including the United States, Canada, the United Kingdom, Australia, and various European nations, have developed comprehensive frameworks for pharmacist education, licensure, continuing professional development, and practice standards. These countries typically require pharmacists to complete accredited professional degree programs, pass licensure examinations, and engage in continuing education to maintain competence. The scope of pharmacy practice in these settings includes medication management services, disease state management, immunization administration, prescribing authority in some contexts, and collaborative practice arrangements with physicians and other healthcare providers.

The European context for pharmacy practice is characterized by substantial diversity across countries, reflecting different historical traditions, healthcare system structures, and professional regulation approaches. The European Union has supported efforts to harmonize pharmacy education and practice standards through initiatives including the PHARMINE project, which has documented the state of pharmacy education across European countries and identified areas for convergence and improvement. While significant progress has been made toward harmonization, substantial variations persist in pharmacy education length and content, practice scope, and regulatory frameworks across European countries. These variations reflect different national priorities, healthcare system characteristics, and professional development trajectories that shape pharmacy practice in each country.

The pharmacy profession in Georgia, like many post-Soviet countries, has experienced profound changes since independence from the Soviet Union in 1991. The Soviet-era pharmacy

system was characterized by centralized control, standardized pharmaceutical production, and a relatively limited scope of pharmacy practice focused primarily on dispensing and drug preparation. The transition to independence brought opportunities for healthcare system reform, including the development of new educational programs, practice standards, and regulatory frameworks for pharmacy. However, this transition has also presented challenges including resource constraints, institutional capacity development needs, and the complex process of transforming professional education and practice to align with contemporary international standards.

Georgian healthcare system reforms have been ongoing since independence, with various initiatives aimed at improving healthcare quality, expanding access to services, and strengthening healthcare financing. The pharmacy sector has been affected by these reforms, including changes in pharmaceutical regulation, development of drug pricing and reimbursement policies, and efforts to strengthen pharmaceutical supply chains and quality assurance systems. The private pharmacy sector has grown substantially in Georgia, with numerous community pharmacies providing essential medication access and counseling services to the population. However, the development of clinical pharmacy services, hospital pharmacy practice, and pharmacists' involvement in collaborative care models has been more limited, reflecting resource constraints and professional development needs.

The current regulatory framework for pharmacy practice in Georgia includes requirements for pharmacist education, licensing, and pharmacy operations standards. Pharmacists in Georgia typically complete five-year integrated pharmacy programs leading to professional degrees, followed by licensing examinations administered by regulatory authorities. Continuing education requirements have been introduced to support lifelong learning and professional competence maintenance. However, regulatory implementation and enforcement face challenges including resource limitations and capacity constraints. The research findings indicate strong support among healthcare consumers for enhanced pharmacist regulation including certification programs, suggesting public readiness for more robust professional accountability mechanisms.

Pharmaceutical education in Georgia has undergone significant development since independence, with expansion in the number of educational institutions offering pharmacy programs and evolution in curriculum content and pedagogical approaches. The Tbilisi State Medical University, where the current study was conducted, has been a major provider of pharmaceutical education in Georgia, with a history dating back to the Soviet era. Other universities have established pharmacy programs more recently, contributing to increased educational capacity for pharmacist training. However, challenges in educational quality assurance, curriculum development, faculty preparation, and clinical training opportunities persist, affecting graduates' readiness for contemporary practice and their ability to meet evolving healthcare needs.

The curriculum of Georgian pharmacy programs has historically reflected the Soviet educational model, emphasizing pharmaceutical sciences including pharmaceutical chemistry, pharmacognosy, pharmaceutical technology, and drug analysis. Clinical sciences including pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care have received relatively less emphasis, reflecting the traditional focus on product-related aspects of pharmacy practice. However, curriculum reform efforts in recent years have sought to incorporate more patient-oriented content and clinical training experiences, aligning Georgian pharmacy education with international trends toward competency-based education and practice-readiness. These reform efforts face challenges including faculty development needs, resource constraints for clinical training sites, and the complex process of shifting educational paradigms.

The integration of experiential education into pharmacy curricula represents an important development in Georgian pharmaceutical education, providing students with opportunities to

apply theoretical knowledge in practice settings and develop clinical skills under supervision. Experiential rotations in community pharmacies, hospital pharmacies, and other healthcare settings expose students to the realities of pharmacy practice and help bridge the gap between classroom learning and professional practice. However, the availability and quality of experiential training sites may be limited, particularly in clinical settings where pharmacy services are less developed. Strengthening experiential education requires investment in preceptor development, practice site quality improvement, and enhanced partnerships between educational institutions and practice settings.

Faculty development for pharmacy education in Georgia is essential for curriculum reform and educational quality improvement. Pharmacy educators require preparation in contemporary educational methods, clinical practice developments, and the integration of evidence-based teaching approaches. The recruitment and retention of qualified faculty with appropriate clinical and educational expertise can be challenging, particularly in the context of resource constraints and competition for qualified professionals. Investment in faculty development including continuing education opportunities, clinical practice experiences, and educational research capacity building can support educational improvement and enhance the quality of pharmacy graduate preparation.

Continuing professional development for practicing pharmacists is recognized as essential for maintaining competence and adapting to evolving practice requirements. The rapid pace of pharmaceutical innovation, the introduction of new therapeutic agents, and the expansion of clinical pharmacy services all require pharmacists to engage in ongoing learning throughout their professional careers. Continuing education programs in Georgia have been developed to address pharmacist learning needs, though availability and accessibility may be limited in some regions. The research findings indicate practicing pharmacists' interest in continuing education in specific content areas, providing guidance for program development and resource allocation for continuing professional development initiatives.

The work environment and professional conditions for pharmacists in Georgia have important implications for workforce development and service quality. The research findings identify several factors affecting pharmacist work satisfaction, including qualification-job correspondence, professional promotion prospects, and working conditions. Economic factors including salary and benefits are identified as areas of relative dissatisfaction, with implications for recruitment and retention of qualified pharmacists in the workforce. The creation of positive working conditions that support professional development, provide opportunities for career advancement, and recognize pharmacist contributions to patient care is essential for building a stable and engaged pharmacy workforce.

The adaptation of young pharmacists to professional practice represents a critical transition period affecting career trajectories and workforce stability. New graduates face challenges including knowledge application to practice situations, development of clinical judgment skills, and integration into professional teams and organizational cultures. The research findings identify specific adaptation challenges including practical skills deficits, relationship building, and professional knowledge application. Support mechanisms including mentorship programs, orientation experiences, and structured professional development activities can facilitate successful professional adaptation and support early career development.

The professional identity and status of pharmacists in Georgia are important considerations for profession development and workforce engagement. Professional identity encompasses pharmacists' understanding of their roles, contributions, and responsibilities as healthcare professionals. The development of strong professional identity is influenced by educational experiences, practice contexts, professional socialization, and recognition from other healthcare professionals and the public. The research findings suggest that enhancing pharmacist authority, status, and recognition within the healthcare system is important for professional development

and public trust in pharmacy services. The recommendation that pharmacy become a regulated profession with mandatory certification reflects aspirations for enhanced professional standing comparable to other healthcare professions.

The patient perspective on pharmacy services provides important insights for professional practice development and service improvement. Patients seek pharmacists for various services including medication information, counseling on medication use, and assistance with medication-related problems. The research findings identify the types of questions patients most commonly ask pharmacists, revealing opportunities for expanded patient education and counseling services. Patients value pharmacist professional competency, communication skills, and interpersonal qualities. Understanding patient expectations and preferences can guide service development and professional education efforts to better meet public needs.

The relationship between pharmacist education and practice outcomes is a central concern for profession development in Georgia. The research findings suggest gaps between educational preparation and practice expectations, particularly in clinical knowledge and practical skills. Addressing these gaps requires alignment of educational curricula with contemporary practice requirements, enhanced clinical training experiences, and ongoing professional development opportunities for practicing pharmacists. The integration of clinical sciences and patient-oriented content into pharmacy education is essential for preparing graduates for expanded practice roles and enhancing pharmacist contributions to healthcare delivery.

The contribution of pharmacy to public health represents an important dimension of profession development that deserves increased emphasis in Georgia. Pharmacists are accessible healthcare providers positioned to contribute to health promotion, disease prevention, and population health improvement efforts. The development of pharmacy-based health services including immunization, health screening, chronic disease management, and medication management can enhance public health outcomes and demonstrate pharmacists' value to healthcare systems. The integration of public health competencies into pharmacy education and practice can support expanded pharmacist roles and contributions to health improvement.

The economic dimensions of pharmacy practice in Georgia including workforce compensation, pharmacy service financing, and the economic viability of pharmacy operations have significant implications for profession development. The research findings indicate pharmacist dissatisfaction with salary and benefits, suggesting economic challenges affecting workforce morale and stability. Addressing economic dimensions of pharmacy practice requires attention to healthcare financing policies, reimbursement mechanisms for pharmacy services, and the economic sustainability of pharmacy operations. Valuing pharmacist contributions through appropriate compensation and support can enhance workforce engagement and professional development.

The quality assurance of pharmacy services in Georgia including practice standards, performance measurement, and continuous quality improvement processes is essential for public safety and professional accountability. Quality assurance mechanisms should address all aspects of pharmacy practice including medication dispensing, patient counseling, clinical services, and medication safety. The development of practice standards, quality indicators, and audit processes can support continuous quality improvement and demonstrate pharmacist accountability for patient outcomes. Patient safety and service quality should be central considerations in pharmacy regulation and professional development efforts.

The role of pharmacy professional organizations in advancing the profession in Georgia deserves consideration. Professional associations can advocate for policy changes supporting pharmacist practice development, develop practice standards and professional guidance, support continuing education initiatives, and foster professional identity and community among practitioners. The strength and effectiveness of professional organizations influence the profession's ability to shape policy, represent pharmacist interests, and support professional

development. Building organizational capacity and member engagement is important for effective professional advocacy and development.

The comparative perspective on pharmacy development across countries provides useful insights for Georgian professional development efforts. Countries with established clinical pharmacy practice, robust pharmacy education systems, and supportive regulatory frameworks offer models and lessons that may inform development strategies in Georgia. However, the adaptation of international approaches to the Georgian context requires careful consideration of local healthcare system characteristics, cultural factors, resource availability, and professional development priorities. Learning from international experience while addressing local needs is essential for effective professional development.

The future of pharmacy practice globally will be influenced by several factors with relevance to Georgia including healthcare system reforms, demographic and epidemiological transitions, technological innovations, and professional practice developments. The increasing emphasis on primary healthcare, chronic disease management, and population health creates opportunities for expanded pharmacist roles in patient care and health promotion. The digital transformation of healthcare including electronic health records, telemedicine, and health information technology applications offers new possibilities for pharmacist engagement and service delivery. The ongoing evolution of pharmacy practice presents opportunities for profession development in Georgia.

The methodological approach of the current study provides comprehensive evidence on pharmacy development in Georgia through multi-stakeholder investigation. The research design incorporating quantitative surveys across multiple respondent groups enables identification of themes and patterns in perceptions, experiences, and expectations regarding pharmacy practice and education. The large sample size provides robust evidence to inform professional development planning and policy decisions. The study contributes to understanding of the current state of pharmacy in Georgia and identifies priority areas for profession development and educational reform.

The identification of educational gaps through the research findings has implications for pharmacy curriculum development in Georgia. The finding that young pharmacists report deficits in practical skills and clinical knowledge indicates the need for enhanced emphasis on applied learning and clinical training in pharmacy education. The identification of specific subject areas where pharmacist knowledge is reported as insufficient including pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care suggests priorities for curriculum content strengthening. The finding that professional adaptation challenges relate to both knowledge and skills deficits indicates the need for educational approaches that integrate theoretical learning with practical application.

The workforce development implications of research findings include the need for enhanced support for young pharmacist professional transitions. The identification of adaptation challenges including practical skills deficits and relationship building suggests opportunities for structured support programs including mentorship, orientation, and professional development activities. The finding that young pharmacists value mentor support and professional guidance indicates the potential value of developing formal mentorship programs. Investment in workforce development can support retention of qualified professionals and enhance pharmacy service quality.

The professional development needs identified in the research including ongoing education in new medications, pharmacotherapy updates, and clinical practice developments suggest priorities for continuing education program development. The accessibility of continuing education opportunities for practicing pharmacists across Georgia including those in rural and underserved areas is an important consideration for program design. The integration of

continuing education with professional development planning and career advancement can support pharmacist engagement and lifelong learning.

The regulatory implications of research findings include strong public support for pharmacist certification and enhanced professional regulation. The development of certification programs, continuing education requirements, and professional practice standards can support public safety, professional accountability, and profession advancement. The regulatory framework for pharmacy practice should balance professional autonomy and accountability while ensuring public protection and supporting profession development.

The healthcare system integration of pharmacy services including pharmacists' roles in primary healthcare, hospital care, and community settings requires attention in profession development efforts. The enhanced integration of pharmacists into healthcare teams can optimize medication management, improve patient outcomes, and demonstrate pharmacist value to healthcare systems. The development of collaborative practice arrangements between pharmacists and other healthcare providers can support expanded pharmacist roles and interprofessional teamwork.

The research evidence provided by this study contributes to understanding of pharmacy development in Georgia and identifies opportunities for profession advancement. The comprehensive investigation across stakeholder groups provides robust evidence to guide educational reform, professional development, and healthcare policy related to pharmacy. The findings support the need for investment in pharmacy education, professional development, regulatory strengthening, and practice enhancement to realize the full potential of pharmacist contributions to healthcare delivery.

The aim of the study:

The primary goal of this comprehensive scientific investigation was to conduct a thorough analysis of the features characterizing the current state, essential items, future prospects, and developmental trajectory of the pharmacists' profession in Georgia, while simultaneously examining the pharmaceutical educational challenges that shape the preparation of pharmacists for contemporary practice. This overarching aim encompasses multiple dimensions of professional practice and educational preparation, reflecting the complex interrelationships between pharmacist training, professional development, healthcare delivery, and patient outcomes that collectively determine the effectiveness of pharmacy services in improving population health. The study seeks to generate evidence that can inform policy decisions, guide educational reform, support professional development initiatives, and ultimately enhance the quality of pharmaceutical care available to patients and communities throughout Georgia.

The research was designed to address several interconnected objectives that together provide a comprehensive understanding of pharmacy development in Georgia. First, the study aimed to describe and analyze the current state of pharmacy practice across various settings including community pharmacies, hospital pharmacies, and other healthcare facilities where pharmacists provide essential services. Understanding the contemporary practice landscape is essential for identifying strengths, challenges, and opportunities for professional development. The investigation examined the functions performed by pharmacists, the nature of their interactions with patients and other healthcare professionals, and the organizational and regulatory contexts within which practice occurs. By documenting current practice patterns, the research establishes a baseline for monitoring change and evaluating the impact of development initiatives over time.

Second, the study sought to identify and evaluate the items or components that constitute contemporary pharmacy practice in Georgia, including the services provided by pharmacists, the knowledge and skills required for effective practice, and the professional values and attitudes that underpin quality pharmaceutical care. The examination of these practice items

provides insight into the competencies required of pharmacists and the alignment between educational preparation and practice demands. By analyzing the specific activities and responsibilities of pharmacists across different practice settings, the research contributes to understanding of how pharmacy practice in Georgia compares with international standards and expectations for pharmaceutical care delivery.

Third, the investigation aimed to assess the future prospects for pharmacy profession development in Georgia, considering the opportunities and challenges that will shape the profession's trajectory over the coming years. This prospective dimension encompasses analysis of demographic trends, healthcare system developments, technological innovations, and professional practice innovations that will influence pharmacist roles and responsibilities. Understanding the prospects for profession development is essential for strategic planning in education, workforce development, and healthcare policy. The research identifies factors that may facilitate or constrain progress toward expanded pharmacy practice and enhanced pharmacist contributions to healthcare delivery.

Fourth, the study examined the professional development needs of pharmacists in Georgia, including the continuing education and training requirements necessary to maintain competence and adapt to evolving practice expectations. The dynamic nature of pharmaceutical knowledge, therapeutic advances, and healthcare delivery innovations requires pharmacists to engage in ongoing learning throughout their professional careers. The investigation identifies priority areas for continuing professional development and assesses the availability and accessibility of development opportunities for practicing pharmacists. Understanding professional development needs and challenges is essential for designing effective continuing education programs and supporting pharmacist lifelong learning.

Fifth, the research analyzed the pharmaceutical educational challenges facing Georgia, including the preparation of pharmacy students for contemporary practice, the structure and content of pharmacy curricula, the integration of clinical training experiences, and the development of faculty expertise to support educational excellence. Educational preparation is the foundation upon which professional practice is built, and challenges in pharmacy education have significant implications for the quality of pharmacy services and the profession's capacity to meet evolving healthcare needs. The study identifies specific educational gaps and challenges that must be addressed to enhance pharmacist preparation and ensure that graduates are equipped with the competencies required for contemporary practice.

The investigation was guided by the recognition that pharmacist professional development and pharmaceutical education are closely interconnected, with educational preparation directly influencing practice capability and quality. The relationship between education and practice is bidirectional, with practice demands and developments informing educational priorities and curriculum content. The research examines this educational-practice nexus, identifying areas where alignment could be strengthened and where gaps between educational preparation and practice expectations represent barriers to effective professional practice. Understanding these connections is essential for coordinated development of education and practice that supports the advancement of pharmacy as a healthcare profession.

The research methodology was designed to capture multiple stakeholder perspectives on pharmacy practice and education, recognizing that different groups including patients, pharmacists, healthcare professionals, students, and employers have unique insights and interests that collectively contribute to comprehensive understanding. Patient perspectives illuminate expectations and experiences with pharmacy services, while pharmacist perspectives reveal practice realities and professional concerns. Healthcare professional perspectives indicate interprofessional relationships and collaborative practice opportunities, while student perspectives reflect educational experiences and career aspirations. Employer perspectives provide insight into workforce needs and professional development priorities. The integration

of these diverse perspectives enables a more complete and nuanced understanding of pharmacy development than any single stakeholder perspective could provide.

The quantitative investigation employed survey methodology to collect data from a substantial sample of respondents across multiple stakeholder categories. The use of structured questionnaires enabled systematic data collection and statistical analysis to identify patterns, relationships, and differences among respondent groups. The large sample size of 3,888 respondents including 410 chief pharmacists, 1,506 patients, 222 employed pharmacy students, 307 healthcare specialists, and 810 pharmacist specialists provides robust evidence for the analysis. The statistical analysis including descriptive statistics, regression analyses, and chi-square tests enables rigorous examination of relationships among variables and identification of factors associated with professional outcomes and stakeholder perceptions.

The selection of respondent categories reflects the research commitment to comprehensive stakeholder engagement in understanding pharmacy development. Chief pharmacists provide perspective on pharmacy management, workforce issues, and organizational challenges that affect practice delivery. Patients as consumers of pharmacy services offer insights into service quality, information needs, and professional interactions that shape public perceptions of pharmacy. Employed pharmacy students occupy a unique position as both students and practitioners, providing perspective on educational experiences and early professional transitions. Healthcare specialists including physicians and nurses offer insights into interprofessional relationships and pharmacist integration into healthcare teams. Pharmacist specialists provide professional perspectives on practice issues, challenges, and development priorities.

The research objectives encompass both descriptive and analytical dimensions, providing not only documentation of current conditions but also identification of relationships and factors influencing professional outcomes. The descriptive dimension provides comprehensive characterization of pharmacy practice, education, and stakeholder perceptions that enables understanding of the current state. The analytical dimension examines associations among variables, identifies factors influencing outcomes including work satisfaction and professional development, and provides evidence to guide intervention and policy development. The integration of descriptive and analytical approaches enhances the research utility for informing practice and policy development.

The investigation was situated within the context of ongoing healthcare reform and professional development in Georgia, recognizing that pharmacy development occurs within broader social, economic, and political contexts that shape opportunities and constraints. Healthcare system organization, financing arrangements, regulatory frameworks, and professional culture all influence pharmacy practice and education. The research examined pharmacy development within this broader context, identifying system-level factors that affect pharmacist roles, practice opportunities, and educational preparation. Understanding these contextual influences is essential for developing effective strategies for profession advancement that are responsive to the realities of the Georgian healthcare system.

The research also recognized the international dimension of pharmacy development, considering global trends and best practices in pharmacy education and practice as reference points for understanding Georgian developments. International comparisons provide insight into professional standards, educational models, and practice innovations that may inform Georgian profession development. However, the research also recognized the importance of contextual adaptation, acknowledging that international models must be adapted to Georgian circumstances including healthcare system characteristics, resource availability, and cultural factors. The investigation balances international reference with local contextual sensitivity to provide recommendations that are both evidence-based and contextually appropriate.

The study objectives include identification of specific challenges facing pharmacy practice and education in Georgia that may impede professional development and service quality. Educational challenges include curriculum relevance, clinical training capacity, faculty expertise, and pedagogical effectiveness. Practice challenges include professional scope, regulatory constraints, interprofessional relationships, and economic factors affecting practice viability. Identification of specific challenges enables targeted intervention and resource allocation to address priority needs. The research provides evidence to guide prioritization of challenges and development of strategies for addressing identified problems.

The investigation also sought to identify opportunities for pharmacy profession advancement in Georgia, recognizing that professional development is supported by enabling factors including policy support, educational innovation, practice development, and professional advocacy. Opportunities for expanded pharmacist roles, enhanced interprofessional collaboration, service innovation, and educational improvement were examined. Identification of opportunities provides a basis for strategic planning and resource mobilization to support profession advancement. The research contributes to understanding of how favorable conditions can be leveraged to accelerate professional development and enhance pharmacist contributions to healthcare.

The research was designed to generate evidence that could directly inform policy and practice development in pharmacy and pharmaceutical education. The findings are intended to support decision-making by educators, policymakers, healthcare administrators, and professional leaders. The identification of educational gaps provides guidance for curriculum reform and educational investment. The analysis of practice challenges informs regulatory and policy development to support expanded pharmacist roles. The assessment of professional development needs supports continuing education programming and workforce development initiatives. The evidence base provided by the research enables evidence-informed decision-making to advance pharmacy practice and education in Georgia.

The methodological rigor of the investigation provides confidence in the findings and their utility for guiding professional development. The large sample size across multiple stakeholder groups provides representative data that can be generalized to broader populations with appropriate caution. The use of validated research instruments and statistical analysis supports the reliability and validity of findings. The integration of multiple data sources enables triangulation of findings and identification of consistent themes across stakeholder groups. The research provides a robust evidence base for understanding pharmacy development in Georgia and identifying priorities for action.

The scope of the research encompasses multiple dimensions of pharmacy practice and education that are collectively essential for understanding professional development. The investigation of pharmacist roles, responsibilities, and practice contexts provides understanding of the profession's current contributions to healthcare delivery. The examination of educational preparation including curriculum content, clinical training, and faculty development provides understanding of the foundation for professional practice. The analysis of professional development needs, work satisfaction, and career trajectories provides understanding of workforce dynamics affecting professional engagement and retention. The integration of these dimensions provides a comprehensive picture of pharmacy development that can guide strategic planning and resource allocation.

The research recognizes the dynamic nature of pharmacy practice and the importance of preparing pharmacists for evolving healthcare roles. The investigation considers not only current practice requirements but also future directions and emerging opportunities for pharmacist contributions to healthcare. The analysis of trends and developments in pharmacy practice provides insight into the competencies and capacities that will be required for future professional practice. The research contributes to preparation for the future by identifying

educational and professional development priorities that will equip pharmacists for evolving healthcare roles and responsibilities.

The investigation was conducted with attention to ethical principles and professional standards for research involving human subjects. Informed consent was obtained from all participants, confidentiality of responses was maintained, and participation was voluntary. The research was approved by appropriate institutional review bodies and conducted in accordance with established ethical guidelines. Attention to research ethics ensures that the investigation respected the rights and welfare of participants while generating evidence to support professional development.

The research contributes to the broader scientific literature on pharmacy practice and education, adding to knowledge about professional development in a transitional healthcare system context. The study adds to understanding of how pharmacy professions develop in countries undergoing healthcare reform and transition from Soviet-era healthcare models. The findings have relevance not only for Georgia but also for other countries facing similar challenges in developing pharmacy practice and education. The research contributes to comparative knowledge about pharmacy development across different healthcare system contexts and professional traditions.

The ultimate goal of the research is to support the advancement of pharmacy practice and education in ways that improve healthcare quality and patient outcomes in Georgia. By generating evidence to guide professional development, the research aims to strengthen pharmacist contributions to healthcare delivery, enhance patient access to pharmaceutical care services, and improve medication management outcomes. The investigation is motivated by the recognition that well-prepared pharmacists practicing to the full scope of their abilities can make significant contributions to addressing healthcare challenges including chronic disease management, medication safety, and health promotion. The research seeks to support realization of this potential through evidence-based professional development.

The study also aims to inform public understanding of pharmacy as a healthcare profession and the contributions that pharmacists make to individual and population health. By documenting pharmacist roles and responsibilities, the research contributes to public awareness of pharmaceutical care services and the professional expertise that pharmacists bring to healthcare. Enhanced public understanding can support recognition of pharmacists' professional contributions and create conditions for expanded pharmacist roles and improved integration into healthcare systems. Public awareness and support are important factors in professional development and advocacy efforts.

The comprehensive goal of this scientific investigation is to provide a detailed analysis of pharmacy practice and education in Georgia that can guide professional development and enhance pharmacist contributions to healthcare. The research objectives encompass description of current practice, identification of challenges and opportunities, assessment of professional development needs, and analysis of educational preparation. The investigation seeks to generate evidence that informs policy, practice, and educational development to strengthen the pharmacy profession and its contributions to healthcare quality and patient outcomes. The findings contribute to understanding of pharmacy development in a transitional context and provide a foundation for strategic planning to advance pharmaceutical care in Georgia.

Methodology

The methodological framework of this scientific investigation was carefully designed to ensure comprehensive, rigorous, and reliable examination of the features characterizing the current state, items, prospects, and development of the pharmacists' profession alongside the pharmaceutical educational challenges confronting Georgia. The research methodology integrated multiple approaches to data collection and analysis, enabling triangulation of

findings and comprehensive understanding of the complex phenomena under investigation. The study employed a quantitative investigation design utilizing survey methodology, complemented by in-depth interview methods to capture the richness of stakeholder perspectives and experiences. This mixed-method approach was selected to generate both broad population-level data and detailed experiential insights that together provide a complete picture of pharmacy practice and education in Georgia.

The research materials for this investigation were developed through a systematic process of instrument design, review, and refinement to ensure their appropriateness for the study objectives and respondent populations. The primary data collection instruments consisted of seven distinct types of approved questionnaires, each tailored to the specific characteristics and perspectives of different stakeholder groups. The development of multiple questionnaire types was essential to capture the unique perspectives of each respondent category while maintaining consistency in core constructs across instruments. This approach enabled comparative analysis across stakeholder groups while respecting the different knowledge bases, experiences, and roles that characterize each respondent population.

The questionnaire for chief pharmacists was designed to gather information from pharmacy managers and owners regarding organizational issues, workforce characteristics, practice challenges, and professional development priorities. This instrument addressed topics including pharmacy operations, staffing, regulatory compliance, service provision, and professional development support. The perspectives of chief pharmacists are particularly valuable for understanding the organizational and managerial context within which pharmacy practice occurs, including the constraints and opportunities that shape practice delivery and workforce development. The inclusion of 410 chief pharmacists in the study provides substantial representation of pharmacy leadership perspectives that are essential for understanding profession development.

The patient questionnaire was developed to capture the experiences, expectations, and perceptions of pharmacy service consumers regarding pharmaceutical care delivery. This instrument addressed topics including medication information needs, pharmacist-patient interactions, service quality perceptions, and preferences regarding pharmacy services. The patient perspective is critical for understanding the public health dimensions of pharmacy practice and the extent to which pharmacy services meet community health needs. The large patient sample of 1,506 respondents provides robust evidence regarding consumer experiences with pharmacy services and public expectations for pharmaceutical care.

The questionnaire for employed pharmacy faculty students was designed to gather perspectives from individuals occupying the unique position of being simultaneously engaged in pharmacy education and employment in pharmacy practice settings. This dual perspective provides insight into the relationships between educational preparation and practice experiences, including perceived gaps between academic learning and practice demands. The inclusion of 222 employed pharmacy students provides valuable evidence regarding the educational-practice interface and the preparation of future pharmacists for professional practice. The student perspective also provides early career insights regarding professional adaptation and development needs.

The questionnaire for healthcare specialists including physicians, nurses, and other healthcare professionals was designed to capture interprofessional perspectives on pharmacy practice and pharmacist contributions to healthcare teams. This instrument addressed topics including collaboration with pharmacists, perceptions of pharmacist competence and contributions, and opportunities for enhanced interprofessional practice. The healthcare specialist perspective is essential for understanding the integration of pharmacists into healthcare teams and the professional relationships that support collaborative care. The inclusion of 307 healthcare

specialists provides evidence regarding interprofessional dynamics that affect pharmacy practice and profession development.

The questionnaire for pharmacist specialists was designed to gather professional perspectives on pharmacy practice issues, challenges, and development priorities from practicing pharmacists across various settings. This comprehensive instrument addressed topics including practice activities, professional development needs, work satisfaction, career trajectories, and professional identity. The pharmacist specialist perspective is central to understanding the realities of pharmacy practice and the professional development needs of the pharmacy workforce. The inclusion of 810 pharmacist specialists provides robust evidence regarding practitioner experiences, challenges, and aspirations that are essential for profession development planning.

The questionnaire for all respondent groups included items addressing demographic characteristics, practice or experience context, and specific content areas relevant to each stakeholder perspective. Common themes across instruments included perceptions of pharmacy practice quality, professional competence assessment, and views on profession development needs. The inclusion of common items across questionnaire types enabled comparative analysis across stakeholder groups while maintaining attention to group-specific issues. The instrument design process involved expert review, pilot testing, and refinement to ensure clarity, relevance, and appropriateness for each respondent population.

The in-depth interview method was employed alongside the survey questionnaires to capture detailed experiential insights that complement the quantitative survey data. The interview component enabled exploration of topics in greater depth, allowing respondents to elaborate on their experiences, perceptions, and recommendations regarding pharmacy practice and education. The interview data provides context for understanding survey findings and reveals nuances that may not be captured through structured questionnaire items. The integration of interview and survey methods supports comprehensive understanding and enables triangulation of findings across data sources.

The sampling strategy for the investigation employed random selection of respondents within each stakeholder category to ensure representativeness and minimize selection bias. Random sampling enhances the generalizability of findings and supports statistical inference regarding the broader populations from which samples were drawn. The large sample sizes across respondent categories provide statistical power for detecting differences and relationships among variables. The total sample of 3,888 respondents across Georgia provides robust evidence for understanding pharmacy practice and education in the country.

The data collection procedures were systematically implemented to ensure consistency and quality across the investigation. Questionnaires were administered by trained interviewers who followed standardized protocols to ensure consistent presentation and administration across respondents. The in-depth interviews were conducted by experienced researchers using semi-structured interview guides that explored key topics while allowing flexibility for respondent elaboration. Data collection was conducted in various settings across Georgia to capture geographic diversity and ensure representation of different practice contexts and communities. The geographic scope of the investigation encompassed multiple regions across Georgia, recognizing that pharmacy practice and education experiences may vary across urban and rural areas and different regions of the country. The inclusion of respondents from diverse geographic areas ensures that the findings reflect the range of experiences and conditions that characterize pharmacy practice across Georgia. Geographic diversity is particularly important for understanding access to pharmacy services, professional development opportunities, and educational resources that may vary across regions.

The research methods incorporated systematic analysis of the data using appropriate statistical techniques to identify patterns, relationships, and differences among variables and respondent

groups. The data analysis employed methods of systematic analysis, sociological analysis through surveying and questioning, comparative analysis across respondent groups, segmentation analysis to identify patterns within groups, mathematical-statistical analysis to quantify relationships and differences, and graphical analysis to visualize findings. The comprehensive analytical approach enables thorough examination of the data and identification of meaningful patterns that inform understanding of pharmacy development.

The data processing and analysis were conducted using the Statistical Package for the Social Sciences program, a widely recognized software package for statistical analysis in social science research. The SPSS program enables comprehensive data management and analysis including descriptive statistics, inferential statistics, and advanced analytical techniques. The use of established statistical software supports the rigor and reproducibility of the analysis and ensures that findings are based on sound analytical methods.

The statistical analysis approach included descriptive statistics to characterize the sample and describe patterns in the data, including frequencies, percentages, means, medians, and standard deviations as appropriate for the variables under examination. Descriptive statistics provide an overview of respondent characteristics and responses that establishes the foundation for more detailed analytical examination. The presentation of descriptive findings through tables and figures facilitates understanding and communication of results.

Regression analyses were conducted to detect associations between variables and identify factors associated with outcomes of interest including work satisfaction, professional development, and adaptation challenges. Regression analysis enables examination of relationships among variables while controlling for potential confounding factors, providing evidence regarding factors that influence professional outcomes. The identification of factors associated with professional outcomes can inform intervention and policy development to address identified needs and challenges.

The chi-square test was applied to estimate statistical significance and identify differences among groups on categorical variables. Chi-square analysis enables comparison of response patterns across groups and identification of associations between categorical variables. The application of chi-square tests provides evidence regarding differences among stakeholder groups, geographic regions, or other categorical variables that may influence pharmacy practice and education experiences.

Statistical significance was defined as p less than 0.05 for all analyses, a conventional threshold that indicates the probability that observed differences or associations could have occurred by chance is less than five percent. The use of this significance threshold provides confidence that findings reflect real patterns and relationships rather than random variation. Statistical significance testing supports evidence-based interpretation and application of findings.

The analytical approach also included graphical analysis to visualize findings and facilitate interpretation of patterns in the data. Graphical representations including figures, charts, and diagrams accompany tabular presentations to enhance understanding and communication of findings. Visual displays of data can reveal patterns that may be less apparent in tabular presentations and support communication with diverse audiences including policymakers, educators, and practitioners.

The research methodology incorporated attention to data quality throughout the investigation including careful instrument design, interviewer training, data collection monitoring, and data cleaning procedures. Quality assurance measures were implemented to minimize measurement error and ensure the reliability and validity of findings. Careful attention to data quality supports confidence in the findings and their utility for informing policy and practice development.

The study design was cross-sectional in nature, capturing data at a single point in time to provide a snapshot of current conditions and relationships. Cross-sectional design is appropriate for descriptive characterization and identification of associations among variables, though it does

not enable assessment of change over time or causal inference. The cross-sectional findings provide a foundation for understanding current state that can inform future longitudinal research to track change and evaluate impact of professional development initiatives.

The methodological strengths of the investigation include the large sample size, the inclusion of multiple stakeholder perspectives, the use of both survey and interview methods, the careful instrument development process, and the rigorous analytical approach. These methodological features support the validity and utility of the findings for informing understanding of pharmacy development in Georgia. The comprehensive methodological approach enables the investigation to address its research objectives and generate evidence to guide professional development.

The study also acknowledges methodological limitations including the cross-sectional design that limits causal inference, the self-report nature of data that may be subject to response bias, and the focus on the Georgian context that may limit generalizability to other settings. Recognition of limitations is important for appropriate interpretation and application of findings while acknowledging the strengths of the investigation in addressing its research objectives. The limitations are addressed through methodological approaches that minimize their impact and through transparency in reporting.

The ethical conduct of the research was ensured through adherence to established standards for research involving human subjects including informed consent, confidentiality protection, and voluntary participation. All respondents provided informed consent before participating in the investigation and were assured of the confidentiality of their responses. The research was conducted in accordance with ethical guidelines and institutional review requirements. Attention to research ethics ensures that the investigation respected the rights and welfare of participants while generating evidence to support professional development.

The investigation was approved by appropriate institutional review bodies that evaluated the research design, instruments, and procedures to ensure compliance with ethical standards. Institutional review provides oversight that protects participant welfare and ensures that research is conducted responsibly. The approval process also supports the credibility and acceptance of the research findings within the academic and professional communities.

The research methodology included attention to cultural appropriateness and contextual relevance in instrument design and data collection procedures. The questionnaires and interview guides were developed with consideration of the Georgian cultural context and adapted to ensure that items were relevant and understandable for respondents. Attention to cultural appropriateness enhances the validity of findings and ensures that data collection is respectful of respondent perspectives and experiences.

The integration of quantitative and qualitative methods in the investigation supports comprehensive understanding of pharmacy development that encompasses both broad patterns and detailed experiences. The quantitative survey data provides evidence regarding population-level patterns and associations, while the qualitative interview data provides depth and context for understanding respondent perspectives. The mixed-method approach enables triangulation of findings and identification of themes that are consistent across data sources.

The research methodology was designed to be replicable, with detailed documentation of instruments, procedures, and analysis methods that would enable other researchers to conduct similar investigations. Replicability is important for scientific research as it enables verification of findings and extension of knowledge through subsequent studies. The detailed methodological documentation supports the contribution of the investigation to the broader scientific literature on pharmacy development.

The investigation contributes to the methodological literature on pharmacy practice research through its comprehensive multi-stakeholder approach and integration of quantitative and qualitative methods. The research design provides a model for future investigations of

pharmacy development in other contexts and contributes to knowledge regarding effective research approaches in this field. The methodological contributions of the investigation extend beyond the specific findings to support ongoing research on pharmacy profession development. The data management procedures ensured the integrity and security of research data throughout the investigation. Data were stored securely, access was restricted to authorized research personnel, and data confidentiality was maintained in reporting and dissemination. Data management procedures support the ethical conduct of the research and protect participant privacy while enabling thorough analysis and reporting of findings.

The research methodology was implemented by a research team with appropriate expertise in pharmacy practice, educational research, survey methodology, and statistical analysis. The qualifications and experience of the research team support the quality and credibility of the investigation. Team members brought complementary expertise that enabled comprehensive methodological design and implementation.

The investigation of pharmacist profession features and educational challenges in Georgia through this comprehensive methodological approach generates robust evidence to guide professional development and educational reform. The careful attention to research design, instrument development, data collection, and analysis supports confidence in the findings and their utility for informing policy and practice. The methodological framework provides a foundation for understanding the current state of pharmacy practice and education and identifying priorities for profession development and educational improvement in Georgia.

Results and Discussions:

The comprehensive investigation into the features of the current state, items, prospects, and development of the pharmacists' profession alongside the pharmaceutical educational challenges in Georgia yielded substantial findings that illuminate multiple dimensions of pharmacy practice and education in the country. The research, involving 3,888 respondents across five stakeholder categories, generated rich data that reveals the complexities, challenges, and opportunities characterizing pharmacy development in the Georgian healthcare context. The results are presented and discussed systematically, integrating quantitative findings with qualitative insights to provide a comprehensive understanding of the profession's current state and future trajectory.

The analysis of patient perspectives on pharmacy services reveals important patterns regarding how the public engages with pharmacists and what they expect from pharmaceutical care. The majority of patients surveyed identified physician recommendations as the primary factor influencing their drug selection process, indicating the continued dominance of physician authority in therapeutic decision-making. However, less than half of the respondents also identified the doctor's prescription and pharmacist advice as determining factors in their medication choices, suggesting that pharmacists play a significant albeit secondary role in guiding patient medication decisions. This finding is particularly noteworthy because it indicates that while physicians remain the primary source of medication guidance, pharmacists are increasingly recognized by patients as valuable contributors to medication management decisions. The role of pharmacists in the healthcare system is therefore significant and growing, with patients seeking pharmacist expertise for medication information and guidance.

The finding that patients value pharmacist advice has important implications for healthcare delivery in Georgia, suggesting that patients recognize pharmacists as accessible and knowledgeable sources of medication information. Community pharmacists, in particular, have frequent contact with patients and are often more accessible than physicians, creating opportunities for meaningful patient-pharmacist interactions that can improve medication use and health outcomes. The recognition of pharmacist expertise by patients supports the expansion of pharmacist roles in patient education, medication counseling, and health

promotion. However, the finding also underscores the importance of pharmacist professional competence, as patients who seek pharmacist advice rely on the accuracy and quality of information provided.

The direct relationship identified between patient health outcomes and the professional education level of pharmacists provides compelling evidence for the importance of pharmacist educational preparation in Georgia. This finding suggests that patients cared for by pharmacists with higher education levels experience better health outcomes, supporting the argument for exclusive higher pharmaceutical education requirements for pharmacist practice. The relationship between education and outcomes likely reflects the deeper knowledge base, more developed clinical reasoning skills, and greater competency that higher education provides, and enabling pharmacists to better identify and address medication-related problems. This finding provides evidence-based support for policies requiring pharmacists to hold higher pharmaceutical degrees, as such requirements directly benefit patient health.

The research findings regarding pharmacist education requirements reveal strong consensus across stakeholder groups regarding the importance of higher pharmaceutical education for professional competence. The study results show that patients' health is directly related to the professional education level of pharmacists, providing empirical support for the position that pharmacists should hold eligible higher pharmaceutical education. This finding aligns with international standards where pharmacy is increasingly recognized as a profession requiring doctoral-level education for entry to practice. The evidence suggests that Georgia should continue efforts to strengthen pharmaceutical education requirements and ensure that all practicing pharmacists possess the knowledge and skills necessary for contemporary practice. Pharmacists are characterized in the research findings as scientifically educated professionals possessing deep pharmaceutical and medical knowledge. They are described as post-graduate healthcare occupational specialists and high-skilled expert professionals in all aspects of medicine delivery and use. This characterization positions pharmacists as experts whose specialized knowledge contributes to healthcare quality through ensuring access to cost-effective, safe, and high-quality medicines. The description of pharmacists as having deep pharmaceutical and medical knowledge underscores the importance of rigorous educational preparation that integrates pharmaceutical sciences with clinical knowledge and practice skills. The research findings support continued investment in pharmaceutical education to develop and maintain this professional expertise.

The levers for modification of higher institutional pharmaceutical schooling and education are identified as multiply ranged and growing in format, character, nature, and depth. This recognition of multiple influences on educational development suggests that pharmacy education reform in Georgia must address various dimensions simultaneously including curriculum content, teaching methods, learning experiences, faculty development, and resource allocation. The growing nature of these influences reflects the dynamic healthcare environment in which pharmacy education must adapt to changing practice requirements, technological advances, and evolving patient needs. The findings support comprehensive educational reform that addresses all aspects of pharmaceutical education rather than isolated changes to specific curriculum components.

According to the modern challenges identified in the research, higher pharmaceutical educational institutions in Georgia need to develop pharmacy faculty study programs and curriculum that clearly determine learning and education outcomes. This finding emphasizes the importance of outcome-based education that specifies what graduates should know and be able to do upon completion of their programs. Clearly defined learning outcomes support curriculum design, teaching approaches, and assessment methods that are aligned with the competencies required for contemporary pharmacy practice. The research suggests that

Georgian pharmacy programs should adopt competency-based frameworks that specify the knowledge, skills, and attitudes graduates need for successful practice.

The current study results will aid in leading pharmacy program and curriculum enhancement, contributing evidence that can guide educational reform efforts. The identification of specific educational gaps and challenges provides a foundation for targeted curriculum improvement. The research findings suggest that pharmacy programs should strengthen content in clinical sciences, practical skills development, and professional competencies that prepare graduates for the realities of pharmacy practice. The evidence base provided by the research enables evidence-informed educational decision-making and supports resource allocation for priority educational improvements.

The institutional educational modification, revision, and restructuring required for pharmacy education development in Georgia demand not only a comprehensive pharmacy program curriculum but also a majority obligation to pharmaceutical faculty perfection and enhancement. This finding recognizes that educational quality depends not only on curriculum content but also on the expertise and capabilities of faculty who deliver educational programs. Faculty development is therefore essential for educational improvement, requiring investment in faculty qualification, clinical competence, pedagogical skills, and research capacity. The research supports comprehensive approaches to educational development that address both curriculum and faculty dimensions.

Pharmacy programs' syllabuses need modernization according to contemporary health care and pharmaceutical care challenges on a worldwide scale. This finding emphasizes the importance of aligning Georgian pharmacy education with international standards and best practices while addressing local healthcare needs. The modernization of syllabuses should incorporate advances in pharmaceutical knowledge, changes in healthcare delivery, and evolving practice expectations. The research suggests that Georgian pharmacy education should learn from international experience while adapting approaches to the Georgian context, including consideration of local healthcare system characteristics, practice patterns, and patient needs.

The training and preparation of new types of tutors and mentors to educate pharmacy faculty students and pharmacists through various types of informative, experiential, and practical skill materials is identified as an educational priority. This finding reflects recognition that effective pharmacy education requires educators skilled in various teaching approaches including lectures, small group work, simulation, experiential learning, and practice-based education. The development of faculty competence in these diverse teaching methods is essential for preparing students for the complexity of contemporary pharmacy practice. The research supports investment in faculty development programs that enhance teaching skills and prepare educators for evolving educational roles.

Properly distributed and allocated institutional educational opportunities, possibilities, potentials, capacities, and study resources need modification to support effective pharmacy education. This finding recognizes that educational quality depends on adequate resources including facilities, equipment, clinical training sites, teaching materials, and support services. Resource allocation should be guided by educational priorities and evidence regarding effective educational approaches. The research suggests that investment in educational resources should be aligned with identified needs and priorities for pharmacy program development.

The higher pharmaceutical educational results could make use of renewed educational institutional framework to such an extent that consolidates and integrates pharmaceutical and medical sciences, occupational characteristics, professional practical skills, interprofessional working practice, and high professionalism at new main division of pharmaceutical care direction, public health and health care systems governance and whole modern pharmacy practice. This comprehensive vision for pharmacy education envisions integration across multiple domains to prepare pharmacists who can contribute effectively to healthcare delivery.

The integration of pharmaceutical and medical sciences provides the foundation for clinical pharmacy practice. The emphasis on occupational characteristics and professional practical skills prepares pharmacists for the realities of practice. The attention to interprofessional working practice recognizes that pharmacists increasingly work as members of healthcare teams. The focus on pharmaceutical care direction, public health, and healthcare systems governance positions pharmacists as contributors to health system improvement.

The most impacting factors influencing young pharmacists' work satisfaction were found and evaluated during the research, providing insight into workforce dynamics that affect professional engagement and retention. The evaluation of these factors, presented in Table 1 of the findings, reveals that several aspects of work experience significantly influence young pharmacist satisfaction with their professional roles. Understanding these factors is essential for developing strategies to enhance workforce satisfaction, reduce turnover, and create positive working conditions that support pharmacist retention and engagement.

The correspondence of the got qualification to work emerged as the highest-rated factor influencing work satisfaction, with a mean score of 4.65 on a five-point scale. This finding indicates that young pharmacists are most satisfied when their educational preparation aligns with their work responsibilities and expectations. When pharmacists perceive that their education has prepared them well for their roles, they experience greater work satisfaction. This finding underscores the importance of aligning pharmacy education with practice realities to ensure that graduates are prepared for the work they will perform. Programs that emphasize practice-relevant knowledge and skills contribute to graduate satisfaction and professional engagement.

The correspondence of work nature to capabilities of personality received a mean satisfaction score of 4.42, indicating that satisfaction is higher when work activities align with individual capabilities, interests, and preferences. When pharmacists can utilize their strengths and engage in work that they find meaningful and suited to their abilities, they report greater satisfaction. This finding suggests that professional development and career planning should consider individual differences and preferences, helping pharmacists find roles that match their capabilities and interests. Employers can enhance satisfaction by creating roles that allow pharmacists to utilize their strengths and develop their capabilities.

The existence of perspective for professional promotion received a mean score of 4.21, indicating that young pharmacists value career advancement opportunities and are more satisfied when they perceive prospects for professional growth. This finding suggests that career development pathways are important for workforce satisfaction and retention. Pharmacists who see opportunities for advancement and professional growth are more likely to remain engaged in their careers and committed to their employers. The research supports the development of clear career progression pathways that provide opportunities for advancement, specialization, and leadership development.

The possibility for qualifications enhancement received a mean score of 4.13, indicating that young pharmacists value opportunities for continuing education and professional development. When pharmacists have access to learning opportunities that enhance their knowledge and skills, they report greater satisfaction with their work. This finding supports investment in continuing education and professional development programs that enable pharmacists to maintain competence and advance their careers. The availability of development opportunities may also support recruitment and retention of qualified pharmacists.

The existence of high degree of responsibility for the result of work received a mean score of 3.87, indicating that pharmacists value roles where they can take meaningful responsibility for outcomes. When pharmacists feel that their work matters and they are accountable for results, they experience greater satisfaction and engagement. This finding suggests that roles that

provide autonomy and responsibility for patient care outcomes are more satisfying and may enhance pharmacist professional identity and commitment.

Information about affairs of the company and the colleagues' activity received a mean score of 4.09, indicating that communication and transparency within organizations contribute to pharmacist satisfaction. When pharmacists are informed about organizational affairs and their colleagues' activities, they feel more connected and engaged. This finding highlights the importance of organizational communication and culture in supporting workforce satisfaction. Employers can enhance satisfaction through transparent communication, team meetings, and information sharing.

Working conditions received a mean score of 3.67, suggesting that while working conditions are important for satisfaction, there is room for improvement in this area. The physical and organizational conditions of work including workspace, equipment, staffing, and support affect pharmacist ability to perform effectively and maintain engagement. Investment in working conditions can enhance pharmacist satisfaction and support quality service delivery.

The existence of the labor contract received a mean score of 3.66, indicating that formal employment arrangements contribute to satisfaction but also suggest areas for improvement in employment conditions. Pharmacists value the security and structure provided by formal labor contracts, but may also experience concerns about contract terms and conditions. The finding suggests that attention to employment arrangements including contract terms, benefits, and job security could enhance pharmacist satisfaction.

Working regimen or schedule received a mean score of 3.25, indicating that schedule flexibility and predictability are important for satisfaction but represent areas of concern. Pharmacy work often involves non-traditional schedules including evenings, weekends, and holidays that may affect work-life balance. The finding suggests that schedule management and flexibility could be improved to enhance pharmacist satisfaction and support work-life balance.

Salary received a mean score of 2.65, representing the lowest-rated factor among those influencing work satisfaction. This finding indicates substantial dissatisfaction with pharmacist compensation and suggests that salary levels are a significant concern affecting workforce morale and potentially retention. The low satisfaction with salary has implications for recruitment and retention of qualified pharmacists, as competitive compensation is essential for attracting and retaining talent. Addressing salary concerns may require attention to healthcare financing, reimbursement policies, and the economic valuation of pharmacy services.

The existence of benefits' scheme for employees received a mean score of 2.25, representing the lowest-rated factor overall. This finding indicates significant dissatisfaction with employee benefits including health insurance, retirement plans, paid time off, and other benefits that contribute to overall compensation packages. The low satisfaction with benefits suggests that pharmacists perceive their benefits as inadequate and that improvements in benefits could enhance workforce satisfaction and retention. Employers and policymakers should consider benefit improvements as part of strategies to support pharmacist workforce development.

Support and assistance of the chief or manager received a mean score of 3.41, indicating that managerial support contributes to satisfaction but also suggests opportunities for improvement. Pharmacists value supportive managers who provide guidance, resources, and advocacy for their professional needs. The finding suggests that leadership development and management training could enhance pharmacist satisfaction and workforce engagement.

Direct relations with the chief or manager received a mean score of 3.44, indicating that positive relationships with supervisors contribute to satisfaction. The quality of supervisor-subordinate relationships affects workplace morale, engagement, and retention. Employers should invest in developing positive relationships through effective communication, trust-building, and supportive management practices.

Relations with colleagues received a mean score of 4.04, representing one of the higher-rated factors influencing satisfaction. This finding indicates that positive relationships with colleagues are important for pharmacist satisfaction, suggesting that workplaces that foster positive team dynamics and collegial relationships support workforce engagement. The development of collaborative and supportive team cultures can enhance satisfaction and productivity.

Possibility for career enhancement received a mean score of 3.89, indicating that career development opportunities are important for satisfaction and engagement. Pharmacists value opportunities for advancement, specialization, and professional growth. The finding supports investment in career development pathways and professional development programs that enable pharmacists to progress in their careers.

The evaluation of main difficulties during professional adaptation provides important insight into the challenges young pharmacists face when entering the workforce. These findings, presented in Table 2 of the research, reveal several significant challenges that affect professional transitions and early career experiences. Understanding these adaptation challenges is essential for developing support strategies that facilitate successful professional transitions and support early career development.

The lack of special skills including principles of marketing and computer skills was identified as the most significant difficulty, with 68.8 percent of respondents reporting this challenge. This finding indicates that pharmacy graduates often lack practical skills required for contemporary pharmacy practice beyond clinical knowledge. Marketing skills are essential for pharmacy practice in competitive environments where pharmacies must attract and retain customers. Computer skills are increasingly important as pharmacy information systems, electronic health records, and digital health technologies become more prevalent. The finding suggests that pharmacy education should incorporate more emphasis on practical skills development including marketing, computer literacy, and business skills that are relevant to pharmacy practice.

The difficulty in adaptation within the colleague's team was identified by 55.1 percent of respondents, indicating that many young pharmacists struggle to integrate into workplace teams and develop professional relationships. This finding suggests that pharmacy education should include more emphasis on teamwork and professional relationship development. Additionally, workplaces should provide orientation and support to help new pharmacists build relationships and integrate into teams. Mentorship programs, team-building activities, and structured onboarding can support adaptation within colleague teams.

The lack of professional knowledge was identified by 42.7 percent of respondents, indicating that educational preparation may not fully prepare graduates for the knowledge demands of practice. This finding suggests gaps between educational content and practice expectations that need to be addressed through curriculum revision and enhanced clinical training. The integration of more practice-relevant knowledge into curricula and strengthened clinical education could better prepare graduates for professional practice.

Difficulties in relationship with leadership were identified by 39.5 percent of respondents, indicating challenges in working effectively with supervisors and managers. This finding suggests that pharmacy education should include content on organizational behavior and professional relationships, and that workplaces should provide support for navigating relationships with supervisors. Leadership development and management training could also help pharmacy leaders' better support early career professionals.

Non-conformity of a job with own ideas was identified by 20.4 percent of respondents, indicating that some young pharmacists experience gaps between their expectations and the realities of practice. This finding suggests the importance of realistic professional preparation that provides accurate information about pharmacy practice realities. Career counseling,

exposure to practice through experiential education, and realistic job previews can help align expectations with practice realities.

The young pharmacists' majority considered that the most effective forms of professional assistance during the adaptation period were work with a mentor in a way of personal conversation. This finding, illustrated in Figure 1 of the research, indicates that mentorship is highly valued by young pharmacists as a support mechanism for professional development. Personal conversation with experienced mentors provides opportunities for guidance, advice, and support that can help navigate professional challenges and develop practice competence. The finding supports the development of formal mentorship programs in pharmacy organizations to support early career development.

Less than half of the respondents considered that discussion of work with young employees within the colleagues' team was an effective form of professional assistance. This finding suggests that peer support and team-based learning are valued but may be less accessible or less effective than formal mentorship. The creation of supportive team environments where learning and discussion are encouraged can enhance professional development and adaptation.

The existence of special programs and trainings on professional orientation was considered effective by less than half of respondents. This finding suggests that while professional orientation programs are valued, they may not be consistently available or sufficiently effective. The development of comprehensive orientation and training programs that address professional socialization and practice competencies could support adaptation and professional development.

The young pharmacists' majority considered that required time for mastering professional skills ranged from 3 to 6 months, as shown in Figure 2 of the research. This finding indicates that new graduates generally require several months to become competent in the practical skills required for their roles. The finding suggests that employers should provide adequate time for skill development and support through structured training, supervision, and mentorship. The development of competency-based training programs that support skill acquisition over this period could enhance adaptation and practice competence.

The presence of practical skills based on good knowledge was identified as substantial for perfect professional realization. This finding underscores the importance of integrating theory and practice in pharmacy education, ensuring that graduates possess both knowledge and the ability to apply that knowledge in practice. The development of practical skills through experiential education and supervised practice opportunities is essential for professional competence. The finding suggests that pharmacy education should include more experiential learning opportunities that develop practical skills alongside theoretical knowledge.

The young pharmacists' majority considered the required time of colleagues' assistance in work ranged from 3 months to 1 year, as shown in Figure 3 of the research. This finding indicates that new graduates require extended support from colleagues to fully develop professional competence and confidence. The finding suggests that workplaces should provide ongoing support and supervision during the first year of practice. Formal mentorship programs, reduced workloads, and structured professional development can support this extended transition period.

The respondents' majority considered that they partially have realized their professional capabilities, skills, and habits, as presented in Table 3 of the research. Only 8.3 percent of respondents reported realizing their professional capabilities at the full extent, while 39.8 percent reported partial realization of more than 50 percent of their potential, and 51.3 percent reported partial realization of less than 50 percent. This finding indicates that a significant majority of pharmacists feel their professional potential is not fully realized in their current roles. The underutilization of pharmacist capabilities has implications for workforce satisfaction and professional development. The finding suggests that pharmacy organizations

should create roles that more fully utilize pharmacist skills and provide opportunities for professional growth and advancement.

The limited realization of professional capabilities may reflect constraints on pharmacy practice including limited scope of practice, regulatory restrictions, organizational barriers, or lack of opportunities for expanded roles. Addressing these constraints through practice development, regulatory reform, and organizational change could enable pharmacists to more fully utilize their professional capabilities. The finding also suggests that professional development and career planning should help pharmacists identify opportunities for expanded practice and professional growth.

The impacting factors influencing young pharmacists' professional development were found and evaluated during the research, providing insight into what drives professional growth and engagement. These factors, presented in Table 4 of the research, include interesting and valuable work, favorable psychological climate within the colleagues' team, possibility of career growth, professional education, the profession's social importance, and independence in work. Understanding these factors is essential for creating conditions that support professional development and workforce engagement.

Interesting and valuable work received a mean score of 4.20, indicating that pharmacists are most engaged in development when their work is interesting and meaningful. This finding suggests that roles should be designed to provide intellectual stimulation, challenge, and a sense of purpose. Work that is perceived as valuable to patients and society enhances professional motivation and development engagement.

Favorable psychological climate within the colleagues' team received a mean score of 4.18, indicating that positive team environments support professional development. When pharmacists work in supportive, collaborative teams, they are more likely to engage in professional development and pursue learning opportunities. The finding suggests that organizations should foster positive team climates through team-building, communication, and supportive leadership.

Independence in work received a mean score of 4.12, indicating that autonomy and professional responsibility support professional development. When pharmacists have independence in their work, they take greater ownership of their professional development and pursue learning aligned with their interests and needs. The finding suggests that roles should provide appropriate autonomy and professional discretion that supports professional growth.

The profession's social importance received a mean score of 4.07, indicating that pharmacists who view their profession as socially important are more engaged in professional development. The recognition that pharmacy contributes to society and patient well-being motivates professional growth and learning. This finding underscores the importance of professional socialization and identity development in supporting ongoing professional engagement.

Professional education or training received a mean score of 4.04, indicating that access to educational opportunities supports professional development. Pharmacists who have opportunities for continuing education and training are more likely to pursue professional growth and maintain competence. The finding supports investment in continuing education programs and professional development opportunities.

Possibility of career growth received a mean score of 3.96, indicating that career advancement opportunities motivate professional development. Pharmacists who see prospects for career advancement are more likely to engage in professional development activities that support advancement. The finding suggests that clear career pathways and advancement opportunities should be developed to motivate professional development engagement.

The young pharmacists' majority noted that they had changed their work place 1-2 times, as shown in Figure 4 of the research. This finding indicates that early career pharmacists frequently change employers, reflecting career exploration and mobility during the early

professional period. The frequency of job changes suggests that employers should focus on creating positive work environments and professional development opportunities to retain qualified pharmacists. The finding also has implications for workforce stability and continuity of care in pharmacy settings.

The respondents' vast majority did not change their profession, as shown in Figure 5 of the research. This finding indicates that despite challenges and job changes, most pharmacists remain committed to the pharmacy profession. The commitment to the profession suggests that pharmacists identify strongly with their professional role and value pharmacy as a career. The finding is positive for workforce development as it indicates that most pharmacists plan to continue their professional careers, providing a stable foundation for profession development efforts.

The respondents' vast majority considered that for successful work their knowledge was not enough in the subjects of pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care. This finding identifies specific educational gaps that affect practice competence and professional success. The identification of these subjects as areas where knowledge is insufficient suggests that pharmacy education should strengthen content in these critical clinical areas. The finding indicates that graduates feel inadequately prepared in the clinical sciences that are essential for contemporary pharmacy practice.

In the opinion of the researchers, university pharmacy programs and syllabuses need upgrade, adaptation, and fit on new demands reality. This recommendation suggests that pharmacy curricula should be revised to address identified gaps and prepare graduates for the realities of contemporary practice. Curriculum reform should incorporate more content in pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care, providing graduates with the clinical knowledge required for effective practice.

In pharmacy faculty programs, there should increase credits in the following subjects: pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care. The recommendation to increase credit hours in these subjects reflects the importance of clinical sciences for pharmacy practice. Increasing credits would provide students with more time for learning and developing competence in these critical areas. The enhanced emphasis on clinical subjects would better prepare graduates for the clinical demands of contemporary pharmacy practice.

The complex of increased clinical content would help formation of highly qualified pharmacists with deep and systematic knowledge. The integration of comprehensive clinical education would develop pharmacist expertise in medication therapy management, patient assessment, and therapeutic decision-making. The development of deep clinical knowledge would enable pharmacists to contribute more effectively to patient care and medication management.

The contact hours in pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care subjects within pharmaceutical education programs should be increased to ensure deep and systemic knowledge for successful work. This recommendation emphasizes the importance of instructional time for developing clinical competence. The increase in contact hours would provide students with more classroom, laboratory, and clinical learning experiences in these essential subjects.

For the majority of respondents, the questions mostly asked to pharmacists included the rules of drugs intake and prices of drugs, as shown in Table 4 of the research. The finding that 63.1 percent of patients ask about rules of medication intake indicates that pharmacists are primary sources of medication use information. This finding highlights the importance of pharmacist expertise in medication counseling and patient education. Pharmacists must be prepared to provide accurate, clear, and practical information about medication use to patients.

The finding that 61.4 percent of patients ask about medication prices indicates that cost is a significant concern for patients and that pharmacists are expected to provide information about

medication affordability. This finding suggests that pharmacists should be knowledgeable about medication pricing, insurance coverage, and cost-effective medication options. The provision of medication pricing information is an important patient service that supports access to medications.

The finding that 42.5 percent of patients ask about medication quality indicates that patients are concerned about the quality and safety of the medications they receive. This finding highlights the importance of pharmacist assurance of medication quality and safety through appropriate procurement, storage, and dispensing practices. Patients trust pharmacists to ensure the quality and safety of the medications they provide.

The finding that 41.5 percent of patients ask about adverse effects indicates that patients seek information about medication safety and side effects. This finding highlights the importance of pharmacist expertise in medication safety and patient education. Pharmacists should be prepared to provide comprehensive information about adverse effects, medication risks, and risk mitigation strategies.

The finding that about one third of patients ask about help in selection of analogue of drugs, indication or contraindication, terms and conditions of storage, medications dosage, routes of drug administration, and selection of OTC drugs indicates that patients seek pharmacists' assistance with various medication-related decisions. These findings suggest that pharmacists should be prepared to provide comprehensive medication information and guidance across multiple domains of medication use. The range of questions asked by patients highlights the breadth of knowledge required for effective pharmacy practice.

Pharmacists should possess deep and steady knowledge in pharmacology, pharmacotherapy, toxicology, pharmaceutical care, clinical pharmacy, pharmacokinetics, pharmacodynamics, basics of medicine, and other pre-clinical and clinical subjects. This comprehensive knowledge base is required to address the diverse medication information needs of patients and healthcare providers. The research suggests that pharmacy education must provide depth and breadth of knowledge across these subjects.

Such knowledge can be obtained only from higher pharmaceutical education institutions, emphasizing the essential role of formal education in developing pharmacist competence. The research supports the position that pharmacists must have higher pharmaceutical education to develop the comprehensive knowledge required for practice. The finding supports policies requiring higher education for pharmacist practice.

Pharmacists working on pharmacist positions must have exclusively the higher pharmaceutical education, supporting the professional standard that only qualified graduates should practice. This recommendation aligns with international standards and supports professional competence and public safety. The implementation of higher education requirements for pharmacist practice would enhance professional standards and ensure that patients receive care from qualified professionals.

The majority of respondents considered that the required quality for pharmacist was professional competency, as presented in Table 5 of the research. With 59.2 percent of respondents identifying professional competency as a required quality, this finding underscores the primacy of knowledge and skills for pharmacist practice. Professional competency encompasses the knowledge, skills, and abilities required for effective practice including clinical knowledge, medication management skills, and patient care competencies.

Less than half of respondents considered readiness for relationships, patience, endurance, amiability, kindness, and high professionalism as required qualities. These findings indicate that while personal qualities and interpersonal skills are recognized as important, professional competence is considered most essential. However, the substantial percentages of respondents identifying these qualities suggest that communication skills, interpersonal abilities, and professional demeanor are valued in pharmacy practice.

Professional competency as a hallmark of pharmacist practice can be achieved by adopting higher pharmaceutical education and certification of pharmacists. The research emphasizes that competency development requires both formal education and professional certification that validates competence. Certification programs provide assurance of pharmacist competence and support professional accountability.

The vast majority of pharmacies consumers considered that the Government should make the certification of pharmacists, as shown in Figure 6 of the research. This finding indicates strong public support for professional regulation and accountability mechanisms. Patients want assurance that pharmacists are competent and qualified to provide pharmaceutical care. The finding supports the development of pharmacist certification programs that validate professional competence.

In developed countries, as well as in many developing countries, pharmaceutical specialty is a regulated profession similar to family medicine. This international comparison highlights the professional status that pharmacy has achieved in many countries, where pharmacist practice is regulated and requires specific qualifications, licensing, and continuing education. The comparison suggests that Georgia should align with international professional standards and develop regulated pharmacist practice.

In Western countries, pharmacists need higher pharmaceutical education, diploma, and continuous pharmaceutical education, pharmaceutical license, and periodic accreditation. These requirements represent international standards for pharmacy practice that ensure professional competence and accountability. The implementation of similar standards in Georgia would align professional practice with international norms and support professional development.

Only pharmacists with higher pharmaceutical education have the right to work at pharmacist positions in pharmacies in Western countries, establishing the educational standard for pharmacist practice. This standard ensures that pharmacists possess the comprehensive knowledge required for safe and effective practice. The implementation of this standard in Georgia would raise professional standards and enhance patient safety.

In pharmacists' certification programs, only pharmacists who have graduated from pharmaceutical faculties from state recognized and accredited universities should be involved. This standard ensures that certification is based on graduates from quality educational programs. The accreditation of pharmacy programs ensures that graduates have received appropriate education and are eligible for professional certification.

The higher pharmaceutical education and pharmacists' certification programs are guarantee for higher professionalism of pharmacists and higher pharmaceutical service provision in pharmacies. This statement captures the relationship between education, certification, and professional service quality. Investment in education and certification supports professional development and service quality.

The Government should take care of the profession of pharmacist authority, supporting the professional status and recognition of pharmacists. This recommendation emphasizes government responsibility for professional development and recognition. Government support including policy development, regulatory frameworks, and public recognition would enhance pharmacist authority and professional standing.

The pharmacist's profession in the healthcare system should increase authority and social importance through state support. This recommendation recognizes that professional authority is enhanced by government recognition and support. The elevation of pharmacist status would support expanded professional roles and recognition of pharmacist contributions to healthcare. Pharmacist's profession should become of more power and authority, with pharmacists having a much higher status in the healthcare system. This aspiration recognizes that pharmacists should be recognized as equal members of healthcare teams with appropriate authority and

accountability. The enhancement of pharmacist status would support expanded practice roles and interprofessional collaboration.

The role of pharmacists is significantly increased in the healthcare system and is directly related to professional education level. This finding emphasizes the relationship between education and professional contribution. Pharmacists with higher education levels can make greater contributions to healthcare, supporting the importance of educational investment.

Pharmacist should have appropriate higher pharmaceutical education, which is the foundation for professional competence and contribution. The educational requirement supports professional development and service quality. The implementation of higher education requirements is essential for profession development.

All the mentioned achievements are possible when pharmacist profession moves into health-regulated professions list, recognizing pharmacy as a regulated health profession. This recommendation would align Georgia with international standards and support professional development. The inclusion of pharmacy in regulated health professions would enhance professional status and accountability.

Professional competency is mandatory for pharmacists, representing the fundamental requirement for professional practice. Competency requirements ensure that pharmacists possess the knowledge, skills, and abilities required for safe and effective practice. The emphasis on competency supports professional accountability and public protection.

Professional competency can be achieved by adopting higher pharmaceutical education and by certification of pharmacists, establishing the pathway to professional competence. This pathway integrates education and certification to develop and validate professional competence. The education and certification framework supports professional development and accountability.

The higher pharmaceutical education and pharmacists' certifications are the guarantee for higher professionalism of pharmacists and the pharmaceutical service provision in pharmacies. This statement captures the relationship between education, certification, and service quality. Investment in education and certification supports professional service quality.

The level of basic training of pharmacists should be in compliance with the contemporary requirements, ensuring that education prepares graduates for current practice realities. This recommendation supports ongoing curriculum review and update to maintain relevance. Contemporary requirements should guide educational program development.

Pharmacist should have deep knowledge in pharmacology, pharmacotherapy, toxicology, pharmaceutical care, clinical pharmacy, pharmacokinetics, pharmacodynamics, basics of medicine, and other pre-clinical and clinical directions. This comprehensive knowledge base is required for contemporary pharmacy practice. The research supports emphasis on these subjects in pharmacy education.

Such knowledge can be obtained only in higher pharmaceutical education institutions, establishing the educational institution as the source of professional competence. This finding supports the requirement for higher education for pharmacist practice. Higher education institutions should ensure that their programs develop the comprehensive knowledge required for practice.

Pharmacist working in pharmacy must have only higher pharmaceutical education, establishing the educational requirement for practice. This standard aligns with international norms and supports professional competence and patient safety. The implementation of this standard would enhance professional practice quality.

To increase pharmacists' professional qualification, professionalism, professional knowledge, and competency, higher pharmaceutical education universities programs should more emphasize the mentioned subjects. This recommendation supports curriculum emphasis on

clinical sciences and professional competencies. Enhanced emphasis on these subjects would better prepare graduates for practice.

It is too important that pharmacists should realize and understand that qualification upgrading study courses, professional trainings, and professional workshops are of great necessity for further professional advancement. This finding emphasizes the importance of pharmacist awareness of professional development needs. Educational programs should promote lifelong learning and professional development engagement.

The Government should develop continuous pharmaceutical education programs accessible to all pharmacists, supporting ongoing professional development. Continuing education programs maintain competence and support professional growth. Government support for continuing education would enhance professional development opportunities.

Qualification upgrading study courses, professional education, or training courses should be available for all pharmacists, ensuring access to professional development opportunities. Availability across geographic regions and practice settings is important for equitable access. Investment in continuing education infrastructure supports professional development.

Pharmacist's education process should not be stopped, recognizing that lifelong learning is essential for professional competence. This perspective supports continuing education requirements and professional development engagement. The commitment to ongoing learning supports professional currency and competence.

Developing a continuous pharmaceutical education system will enhance the professionalism of pharmaceutical personnel, supporting workforce competence and quality. Continuous education programs maintain and enhance professional competence throughout careers. Investment in continuing education supports workforce quality.

Experiential education should encourage perfection of critical opinion and problem resolving processes along with medicine discovery. This vision for experiential education emphasizes the development of clinical reasoning and problem-solving skills. Experiential learning that engages critical thinking supports professional competence development.

The respondents' vast majority considered that the issues for pharmacists were in need of further regular studies or trainings in the following fields: new medications, issues of pharmacotherapy of certain diseases, pharmacology and pharmacotherapy, and drugs toxicity. These identified training needs provide guidance for continuing education program development. Topics related to new medications and pharmacotherapy reflect the dynamic nature of pharmaceutical knowledge and practice.

From the study results, it is obvious that in the higher pharmaceutical institutions' pharmaceutical educational programs and curriculum need upgrade, renewal, modernization, and adaptation to new modern medical challenges. This finding supports comprehensive educational reform to address identified gaps. The modernization of pharmacy education should incorporate advances in pharmaceutical knowledge and changes in practice expectations.

Continuous pharmaceutical educational programs should be created, supporting ongoing professional development throughout pharmacist careers. Continuing education programs should address identified learning needs and practice requirements. The development of accessible continuing education supports professional competence and quality.

These programs should be more focused on new medications, pharmacotherapy, drugs toxicity and dosage, routes of drug administration, selection of OTC drugs, and cost-effectiveness and cost-benefits of drugs. These identified content priorities provide guidance for continuing education curriculum development. The focus on clinically relevant topics supports professional practice competence and service quality.

The discussion of findings reveals several cross-cutting themes that have implications for pharmacy development in Georgia. The importance of educational quality and relevance emerges as a central theme, with findings indicating gaps between educational preparation and

practice requirements. The emphasis on clinical sciences and practical skills development suggests priorities for educational reform. The findings support investment in pharmacy education to prepare graduates for contemporary practice.

The professional development needs identified in the research indicate the importance of continuing education and professional development support. The findings suggest that pharmacists require ongoing learning to maintain competence and adapt to evolving practice requirements. Investment in continuing education infrastructure and programming is essential for workforce development.

The workforce development implications of findings include the need for enhanced support for young pharmacist professional transitions. The identification of adaptation challenges suggests the value of mentorship programs, structured onboarding, and professional development support. Investment in workforce development can support retention and professional engagement.

The patient perspective findings indicate public support for pharmacist professional development and regulation. Patients value pharmacist competence and support certification and regulatory mechanisms that ensure professional quality. Public support provides a foundation for professional development and regulatory reform.

The findings have implications for healthcare policy in Georgia, supporting the development of regulations and policies that enhance pharmacist practice. The emphasis on higher education requirements, certification, and continuing education has implications for professional regulation. Policy development should support professional standards and accountability.

The integration of findings across stakeholder groups reveals consistent themes including the importance of educational quality, the value of professional competence, the need for professional development support, and public support for professional regulation. These consistent themes across stakeholder perspectives strengthen the evidence base for profession development.

The research contributes to understanding of pharmacy development in a transitional healthcare context, providing insights that may inform professional development in other countries facing similar challenges. The findings add to international knowledge about pharmacy professional development and educational reform.

The identification of specific educational gaps and professional development needs provides a foundation for targeted intervention and resource allocation. The evidence base supports strategic planning for pharmacy education and profession development in Georgia.

The findings support continued investment in pharmacy education, professional development, and regulatory strengthening to realize the full potential of pharmacist contributions to healthcare. The research provides evidence that can guide policy decisions and resource allocation to support profession advancement.

On the basis of performed study results the following have been founded:

The majority of the patients determined the main factor while drug choosing process to be recommendation of a physician. Less than half part of respondents determined the main factor while choosing the drugs to be the doctor's prescription and advice of a pharmacist. Therefore, the role of pharmacist is significant in the healthcare system. For the higher quality healthcare and pharmaceutical services, the pharmacist's appropriate education level is of crucial importance. It was shown that the health of patients was directly related to the professional education level of pharmacist. Therefore, pharmacist should have eligible higher pharmaceutical education.

Pharmacists hold scientifically educated understanding, with deep pharmaceutical and medical knowledge; they are post-graduate healthcare occupational and high skilled expert specialists

in all the viewpoints of the delivering and using medicines. Pharmacists ensure to accession cost-effective, safe and high-quality medicines. The levers for the modification of the higher institutional pharmaceutical schooling and education are multiply ranged, with growing in format, character, nature and depth.

According to the modern challenges, the higher pharmaceutical educational institutions need to develop pharmacy faculty study programs curriculum, which should obviously determine learning and education results. Current study results will aid to lead pharmacy program and curriculum enhancement. The institutional educational modification, revision and restructure would demand not only a comprehensive pharmacy program curriculum, but also a majority obligation to pharmaceutical faculty perfection and enhancement. Also, pharmacy programs' syllabuses need modernization according to modern health care and pharmaceutical care challenges in the worldwide. Therefore, should train and prepare new types of tutors and mentors to educate pharmacy faculty students and pharmacists via various types of informative, experiential and practical skill materials. Properly distributed and allocated institutional educational opportunities, possibilities, potentials, capacities and study resources need modification.

The higher pharmaceutical educational results could make use of as renewed educational institutional framework to such an extent consolidates and integrates pharmaceutical and medical sciences, occupational characteristics, professional practical skills, inter professional working practice, and high professionalism at new main division of pharmaceutical care direction, public health and health care systems governance and whole modern pharmacy practice.

The most impacting factors influencing on the young pharmacists' work satisfaction were found and evaluated during the research. These factors included the correspondence of qualification to work, correspondence of the work nature to capabilities of personality, existence of perspective for professional promotion, possibility to qualifications enhancement, existence of high degree of responsibility for the result of work, information about affairs of the company and of the staff activity, working conditions, existence of the labor contract of working regimen and salary, existence of benefits' scheme for employees, support and assistance of the chief, direct relations with manager(s), relations with colleagues, possibility for the career enhancement (See tabl.1).

Table 1.

The report of impacting factors - influenced on respondents' work satisfaction

Report on the question about estimation of the impacting factors, which have an influence on the work satisfaction (estimate each factor under the 5- point scale system).	Mean	Median	Std. Deviation
Q9_1 Correspondence of the got qualification to work	4.65	5.00	0.603
Q9_2 Correspondence of the work nature to capabilities of personality	4.42	5.00	0.721
Q9_3 Existence of perspective for professional promotion	4.21	4.00	0.907
Q9_4 Possibility to qualifications enhancement	4.13	4.00	0.895
Q9_5 Existence of high degree of responsibility for the result of work	3.87	4.00	1.141
Q9_6 Information about affairs of the company and the colleagues' activity	4.09	4.00	0.946
Q9_7 Working conditions	3.67	4.00	1.127
Q9_8 Existence of the labor contract	3.66	4.00	1.102
Q9_9 Working regimen (schedule)	3.25	3.00	1.140
Q9_10 Salary	2.65	3.00	1.053

Q9_11 Existence of benefits' scheme for employees	2.25	2.00	1.145
Q9_12 Support and assistance of the chief (manager)	3.41	4.00	1.223
Q9_13 Direct relations with the chief	3.44	4.00	1.185
Q9_14 Relations with colleagues	4.04	4.00	0.937
Q9_15 Possibility to career enhancement	3.89	4.00	0.962

For the respondents' majority the main difficulties during the professional adaptation were the lack of special skills (principals of marketing, computer skills and etc.), adaptation within the staff collective. For less than the half of respondents the main difficulties were lack of the professional knowledge and difficulties in relationship with administration (See tabl.2). According to that in pharmacy educational program the eligible practical skills should be emphasized. Therefore, pharmaceutical educational programs curriculum needs deepening the credits of the crucially important subjects for professional adaptation of young specialists in pharmacies.

Table 2.

The major important difficulties for respondents during the professional adaptation process

The main difficulties during the professional adaptation (several alternatives)	Count	Percent (%)
1. The lack of the professional knowledge	134	42.7
2. The lack of special skills (principals of marketing, computer skills and etc.)	216	68.8
3. Difficulty in adaptation within the colleague's team	173	55.1
4. Difficulties in relationship with a leadership	124	39.5
5. Non-conformity of a job with own ideas	64	20.4

The young pharmacists' majority considered that the mostly effective forms of professional assistance during the young specialists' adaptation period was work with a mentor in a way of personal conversation. In this regard less than half of the respondents considered that discussion of work with young employees within the colleagues' team, existence of special programs and trainings on professional orientation were the most effective forms (See fig.1). Therefore, mentor staff positions and special training programs on professional orienteering should exist in all pharmaceutical companies for effective adaptation of young specialists.

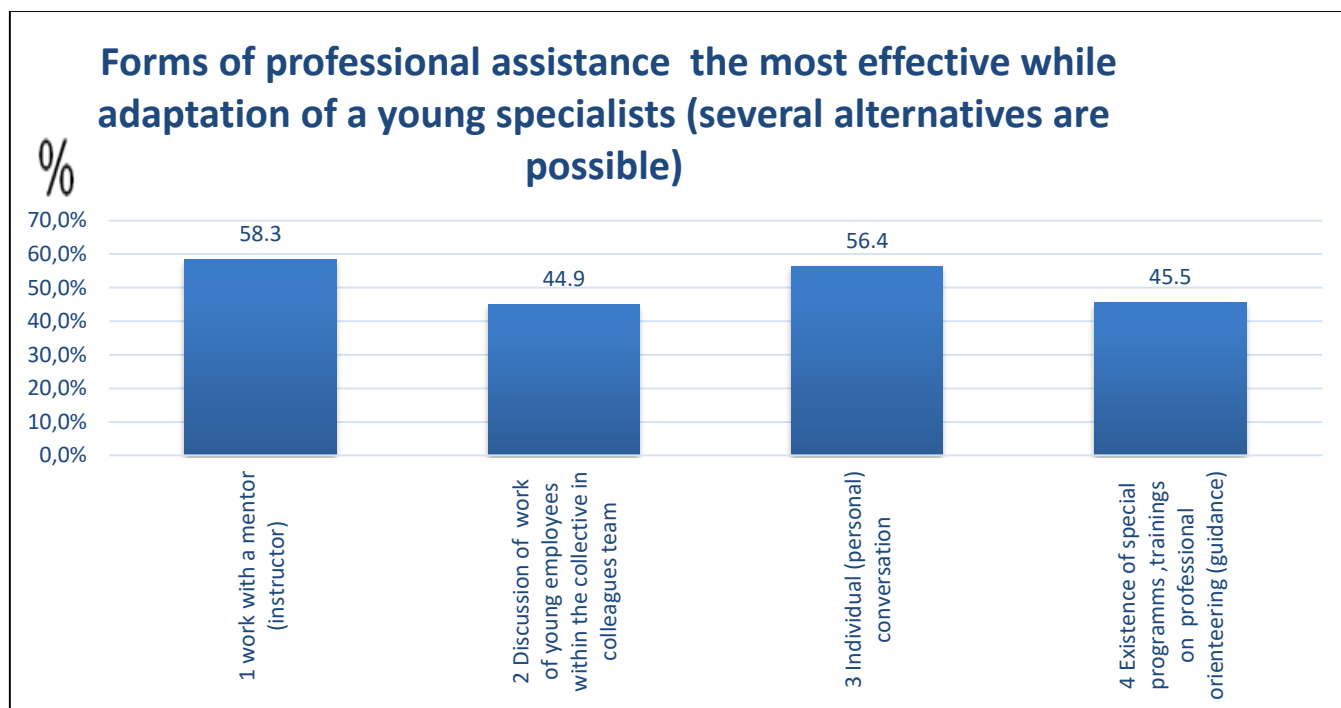


Figure 1. The respondents' opinion about the most effective forms of professional assistance while adaptation of a young specialist

The young pharmacists' majority considered that required time for mastering the professional skills ranged from 3 to 6 months (See fig.2). For the perfect professional realization, a presence of the practical skills on the basis of good knowledge is substantial. That would be a good chance for junior pharmacists to mastering in a short time on the new job position.

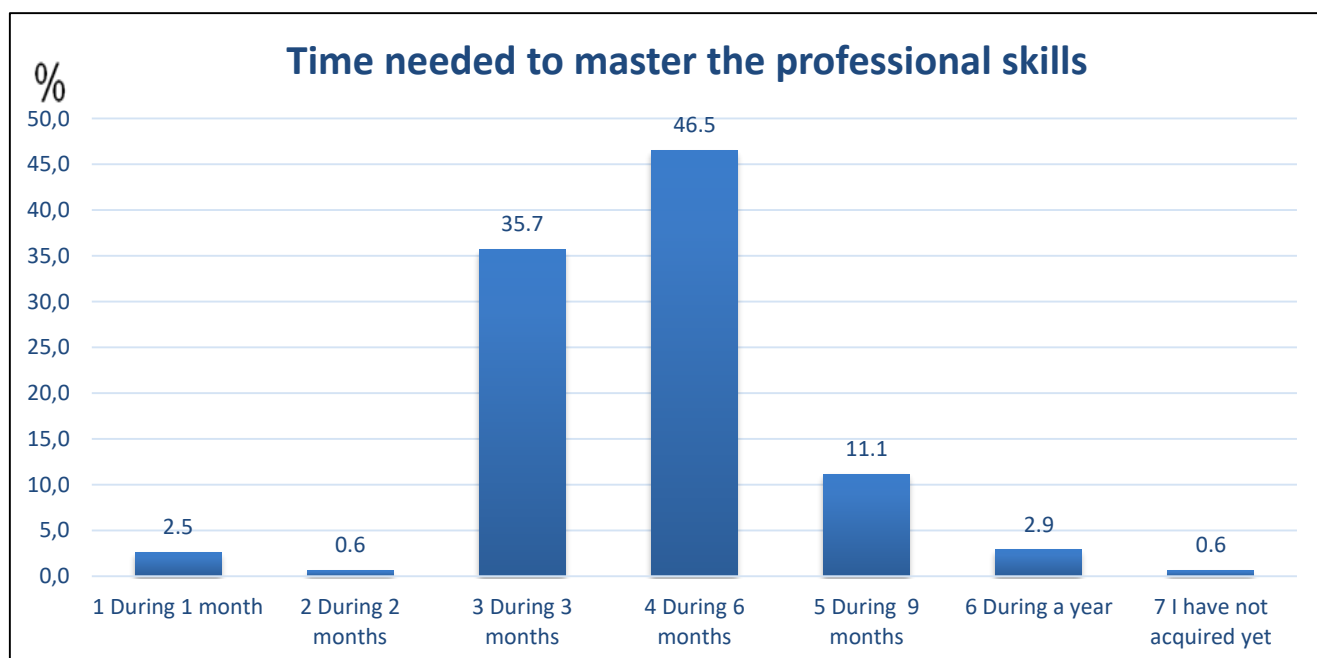


Figure 2. The time of professional skills mastering required for the respondents

The young pharmacists' majority considered the required time of colleagues' assistance in work ranged from 3 months to 1 year (See fig.3). Therefore, the mentor-instructor staff positions and

special training programs on professional orienteering should exist in all pharmaceutical companies for effective adaptation of the young specialists.

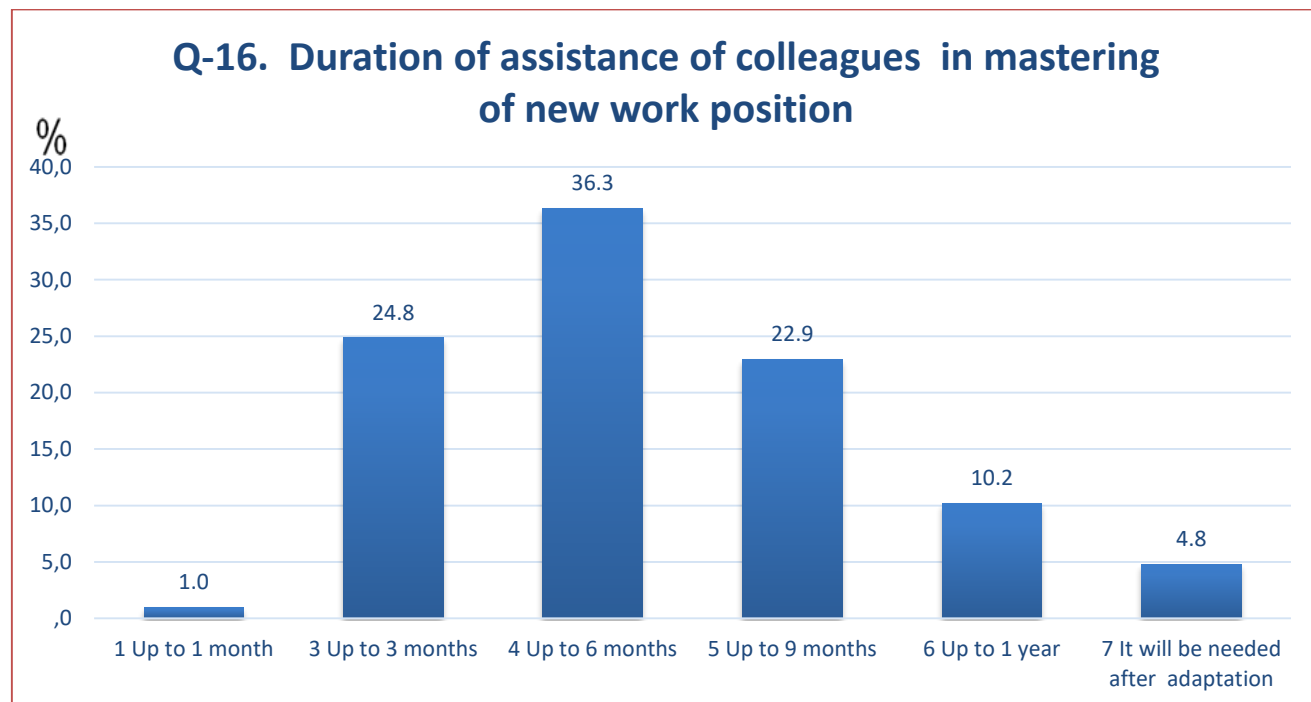


Figure 3. The respondents' opinion about the required time of colleagues' assistance in their work

The majority of respondents considered that they partially have realized their professional capabilities, skills and habits (See tabl.3). Therefore, all pharmaceutical companies must create proper working environment, constructive working conditions and great opportunities for pharmacists to realize their professional capabilities, skills and habits at the full extent.

Table 3.

To what extent respondents have realized their professional capabilities, skills and habits

To what extent is realization of the professional capabilities, skills and habits	Frequency	Percent (%)
1. At the full extent	26	8.3
2. Partly, more than 50% of own potential	125	39.8
3. Partly, less than 50% of own potential	161	51.3
4. Can not answer	2	0.6
Total	314	100.00

During the research the impacting factors influenced on the young pharmacists' professional development were found and evaluated. They included interesting and valuable work, the beneficial psychological climate within the colleagues' team, the possibility of career development, professional education, the social importance of profession and independence in work (See tabl.4).

Table 4.

Report on the factors influencing on the respondents' professional development

Factors, having an influence on the professional development (evaluate each factor under the 5-point scale system)	Mean	Median	Std. Deviation
Q18_1 Interesting and valuable work	4.20	4.00	0.824

Q18_2 Favorable psychological climate within the colleagues' team	4.18	4.00	0.798
Q18_3 Possibility of career growth	3.96	4.00	0.863
Q18_4 Professional education (training)	4.04	4.00	0.904
Q18_5 The profession's social importance	4.07	4.00	0.960
Q18_6 Independence in work	4.12	4.00	0.959

The young pharmacists' majority noted that 1-2 times they have changed their work place (See fig.4).

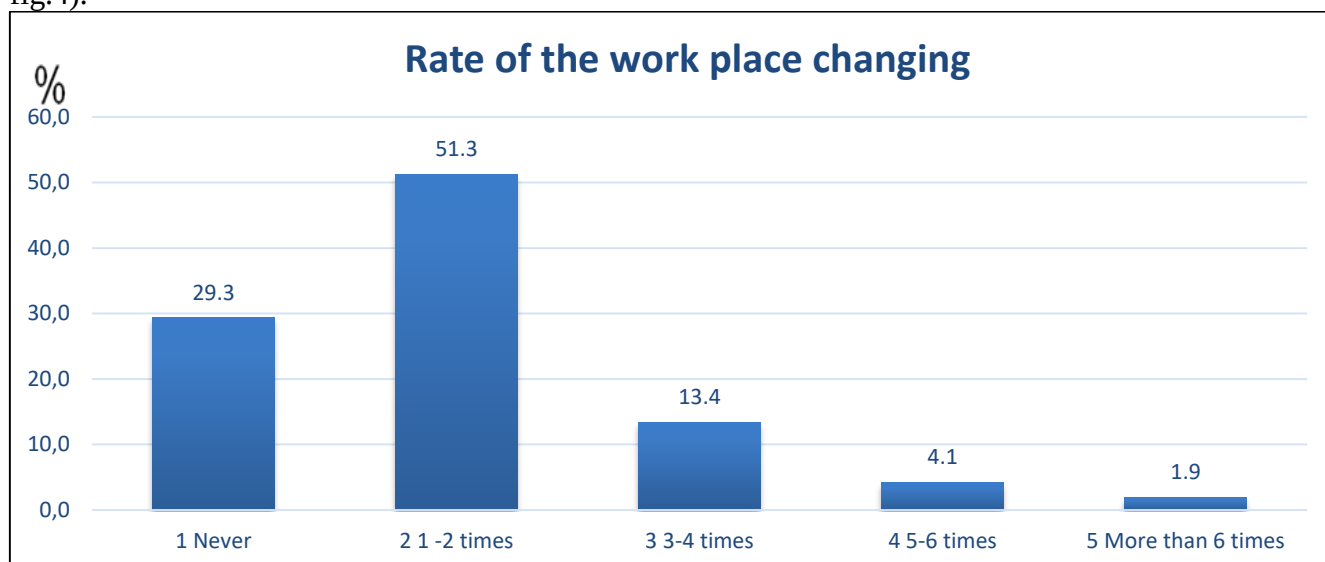


Figure 4. Opinion of the respondents about their work place changing frequency

The respondents' vast majority did not change their profession (See fig. 5).

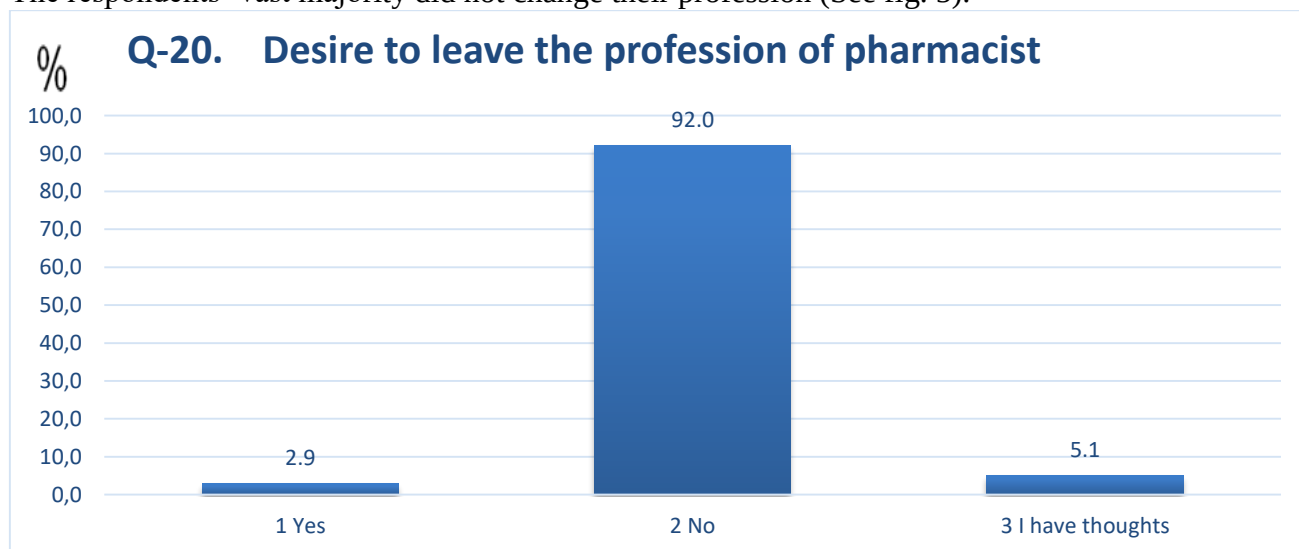


Figure 5. Opinion of the respondents about likelihood of their profession leaving

The respondents' vast majority considered that for successful work their knowledge was not enough in the subjects of pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy and pharmaceutical care. Therefore, in our opinion at university pharmacy programs and syllabuses need upgrade, adaptation and fit on new demands reality. In pharmacy faculty programs there should increase credits in the following subjects: pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy and pharmaceutical care. Above mentioned complex would help formation of the

highly qualified pharmacist with deep and systematic knowledge. It is obvious that the contact hours in the pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy and the pharmaceutical care subjects within the pharmaceutical education programs should be increased to ensure deep and systemic knowledge for the successful work.

For the majority of respondents mostly asked the pharmacists about the rules of drugs intake and prices of drugs. For the less than half part of the respondents mostly asked about the drugs' adverse effects and quality. For about the one third of them mostly asked about help in selection of analogue of drugs, indication/contraindication of drugs, the terms and conditions of their storage (conditions and shelf-life), the drugs dosage, rules of drug administration and selection of OTC drugs (See tabl.4).

Table 4.

The respondents' mostly asked questions to pharmacists

Q-10. The questions mostly asked to pharmacists (several answers were possible)	Count	Percent (%)
1. About rules of intake of medications	950	63.1
2. About adverse effects of medications	625	41.5
3. About prices of medications	925	61.4
4. About help in selection of analogue of medication	449	29.8
5. About quality of medications	640	42.5
6. About availability of medications in a pharmacy	399	26.5
7. About indication/contraindication of medications	471	31.3
8. About terms and conditions of storage of drugs (conditions and shelf-life)	464	30.8
9. About medications dosage	505	33.5
10. About routes of drug administration	292	19.4
11. About drug forms	289	19.2
12. About drug design	130	8.6
13. About drugs toxic effects (toxicity)	297	19.7
14. About principles of pharmacotherapy	55	3.7
15. About rules of drug administration	386	25.6
16. About drugs generic, chemical and brand names	156	10.4
17. About selection of OTC drugs	409	27.2
18. Some specific information about drugs	380	25.2
19. Effectiveness of drug	312	20.7
20. About drugs action and their interactions	284	18.9
21. About drugs safety	321	21.3
22. About cost-effectiveness of drugs	51	3.4

Therefore, pharmacist should possess deep and steady knowledge in pharmacology, pharmacotherapy, toxicology, pharmaceutical care, clinical pharmacy, pharmacokinetics, pharmacodynamics, basics of medicine and other pre-clinical and clinical subjects. Such knowledge can be obtained only from higher pharmaceutical education institutions. Therefore, pharmacist working on pharmacist position must have exclusively the higher pharmaceutical education.

The majority of respondents considered that the required quality for pharmacist was professional competency. Less than half part of the respondents considered it to be a readiness

for relationships (communication-contact), patience, endurance and stamina, amiability or kindness and high professionalism (See tabl.5). Studies have confirmed that professional competency was mandatory for pharmacists. Being a hallmark the pharmacists' professional competency could be achieved by adopting of higher pharmaceutical education and certification of pharmacists.

Table 5.

The required qualities for pharmacist in the respondents' opinion

Q-11. The qualities required for pharmacist (pharmaceutical professionals in the pharmacy) (3 possible answers)	Count	Percent (%)
1. Readiness for communication-contact	714	47.4%
2. Professional competency	891	59.2%
3. Patience, endurance and stamina	630	41.8%
4. Amiability or kindness	710	47.1%
5. Ability to build up relations with people	376	25.0%
6. Vocational particular skills	503	33.4%
7. Friendliness (goodwill)	415	27.6%

The vast majority of the pharmacies consumers considered that the Government should make the certification of pharmacists (See fig.6).

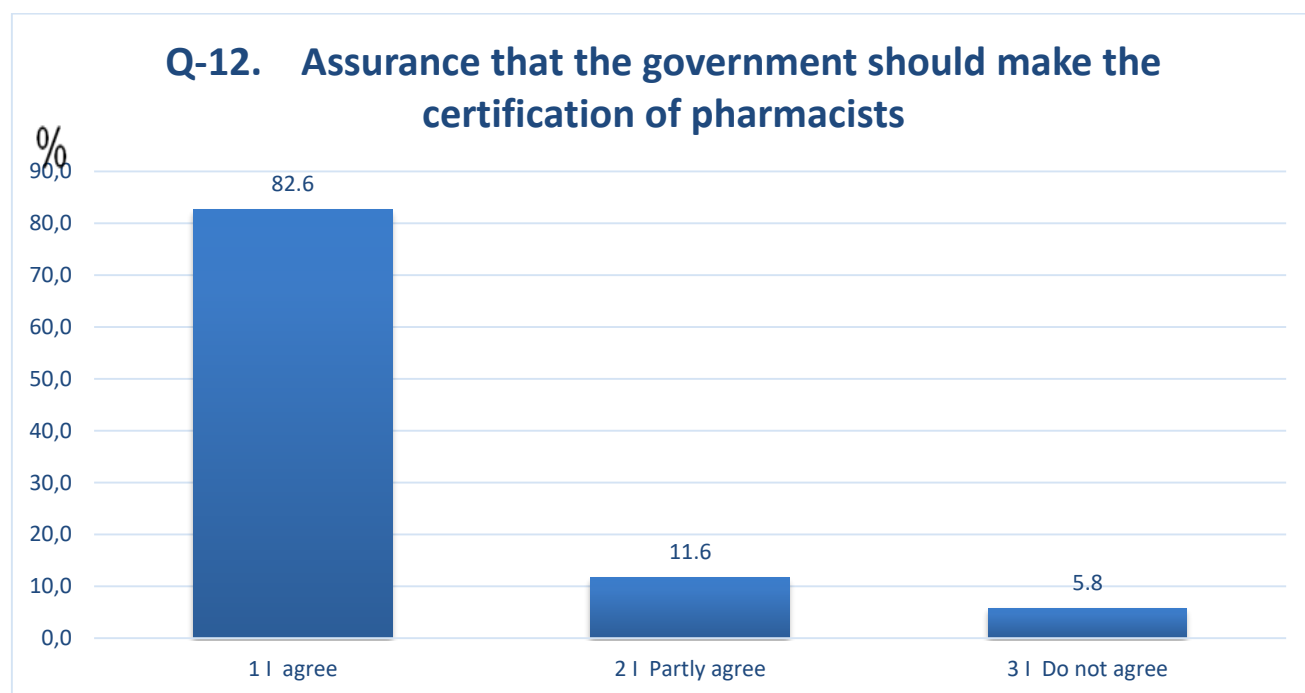


Figure 6. Respondents' opinion about the pharmacists' certification by the Government

It should be noted that in developed countries, as well as in many developing countries pharmaceutical specialty is regulated profession, as family medicine. In the western country's pharmacist as a family doctor, needs higher pharmaceutical education, diploma and continuous pharmaceutical education, pharmaceutical license and periodic accreditation. Only the pharmacists with higher pharmaceutical education have the right to work at the pharmacist position in the pharmacies. In the pharmacists' certification programs should be only involved

pharmacists who have graduated pharmaceutical faculties from the state recognized and accredited universities. The higher pharmaceutical education and the pharmacists' certifications programs are guarantee for higher professionalism of pharmacists and of higher pharmaceutical service provision in pharmacies.

The Government should take care of the profession of pharmacist authority. The pharmacist's profession in the health care system should increase the authority and social importance by the state support. Pharmacist's profession should become of more power and authority; a pharmacist should have a much higher status in the healthcare system. Therefore, the role of a pharmacist is significantly increased in the healthcare system and is directly related to his professional education level. Therefore, pharmacist should have appropriate higher pharmaceutical education. All the mentioned is achieved then, when the pharmacist profession will move into the health-regulated professions list.

The professional competency is mandatory for pharmacists. Pharmacists' professional competency can be achieved by adopting of higher pharmaceutical education and by certification of pharmacists. The higher pharmaceutical education, pharmacists' certifications are the guarantee for higher professionalism of pharmacists and the pharmaceutical service provision in pharmacies.

The level of basic training of pharmacists should be in compliance with the contemporary requirements. The pharmacist should have deep knowledge in pharmacology, in pharmacotherapy, in toxicology, in pharmaceutical care, in clinical pharmacy, in pharmacokinetics, in pharmacodynamics, in basic of medicine and in other pre-clinical and clinical directions. Such knowledge can be obtained only in the higher pharmaceutical education institutions. Therefore, pharmacist working in pharmacy must have only higher pharmaceutical education.

To increase the pharmacist's professional qualification, professionalism, professional knowledge and competency the higher pharmaceutical education universities programs should more emphasize the mentioned subjects. It is too important, that a pharmacist should realize and understand that qualification upgrading study courses, professional trainings and professional workshops are of great necessity for further professional advancement. Thus, the Government should develop continuous pharmaceutical education programs accessible to all pharmacists. The qualification upgrading study courses, professional education or training courses should be available for all pharmacists. Pharmacist's education process should not be stopped. Developing a continuous pharmaceutical education system will enhance the professionalism of the pharmaceutical personnel. Experiential education should encourage perfection of critical opinion and the problem resolving processes along with the medicine discovery.

The respondents' majority considered that the pharmacists' functions in a pharmacy consisted in realization of drugs and instruments of medical purpose and providing information about drugs to the population. Less than half part of the respondents considered it to be in ultimate care about the patients' health and wellness, the drugs dosage and dispensing. About one third part of the public health specialists considered it to be in creation, development, production and sale of drugs, medical devices, instruments for medical purposes and healthcare products. About one third of the health specialists considered the pharmacists to be experts of drugs; about one third of them – to be inform of customers in cost-effectiveness and cost-benefits of drugs, the rest part of them considered that pharmacists help in selection of analogue of drugs. According to that pharmacist job should become regulated and more authorized in health care system.

Clinical Pharmacy defines that as the health specialty that characterizes the activities of clinical pharmacists and the provision of health services, clinical pharmacists promote and develop rational and appropriate pharmacotherapy, the rational use of pharmaceutical manufacturing

and medical devices. The practice of clinical pharmacy includes knowledge of pharmacotherapy, pharmaceutical care and first aid; it combines leadership in health care with specific therapeutic knowledge, understanding, cognition, learned habits and assessment to ensure rational and optimal treatment outcomes for patients. Likewise, pharmaceutical care and clinical pharmacy are closely related concepts, although there are differences between professional development structures that determine specificity. Clinical pharmacy includes the theoretical knowledge and understanding, practical skills, values and attitudes needed by pharmacists to promote healthcare and pharmaceutical services to individual patients and populations

The respondents' vast majority considered that the issues to for pharmacists were in need of the further regular studies or trainings in the following fields: new medications, issues of pharmacotherapy of certain diseases, pharmacology and pharmacotherapy, drugs toxicity. From the study results it is obvious that in the higher pharmaceutical institutions' pharmaceutical educational programs and curriculum need upgrade, renewal, modernization and adaptation to the new modern medical challenges. Therefore, continuous pharmaceutical educational programs should be created. These programs should be more focused on new medications, pharmacotherapy, drugs toxicity and dosage, routes of drug administration, selection of OTC drugs, cost-effectiveness and cost-benefits of drugs.

The comprehensive scientific investigation into the features of the current state, items, prospects, and development of the pharmacists' profession alongside the pharmaceutical educational challenges in Georgia has yielded substantial findings that illuminate the complexities, opportunities, and challenges characterizing pharmacy development in the country. The research, encompassing 3,888 respondents across five stakeholder categories including chief pharmacists, patients, employed pharmacy students, healthcare specialists, and pharmacist specialists, provides robust evidence that can guide professional development, educational reform, and healthcare policy to enhance pharmaceutical care delivery and pharmacist contributions to population health. The conclusions drawn from this investigation integrate findings across stakeholder perspectives and analytical dimensions to provide a comprehensive understanding of where the pharmacy profession stands in Georgia and what directions should be pursued for future development.

The research clearly demonstrates that pharmacists occupy a significant and growing role in the Georgian healthcare system, with patients increasingly recognizing pharmacists as valuable sources of medication information and guidance. The finding that the majority of patients consider physician recommendations primary in drug selection while less than half also consider pharmacist advice significant indicates that pharmacists are becoming important contributors to medication management decisions. This evolving recognition of pharmacist expertise creates opportunities for expanded professional roles and enhanced contributions to patient care. However, the research also reveals that pharmacists' professional potential is not fully realized in current practice, with a substantial majority of pharmacists reporting partial realization of their professional capabilities, skills, and habits. This underutilization of pharmacist expertise represents both a challenge and an opportunity for profession development, suggesting that expanded roles and responsibilities could enhance both professional satisfaction and healthcare quality.

The relationship between pharmacist education and patient outcomes emerges as a central finding with profound implications for professional development. The research establishes that patient health outcomes are directly related to the professional education level of pharmacists, providing compelling evidence for the importance of higher pharmaceutical education for pharmacist practice. This finding supports policies requiring pharmacists to hold higher pharmaceutical degrees and underscores the importance of educational quality in preparing pharmacists for professional practice. The evidence suggests that investment in pharmaceutical

education yields returns in terms of patient health outcomes, supporting continued educational development and quality improvement efforts. The research also establishes that pharmacists require deep and comprehensive knowledge across multiple clinical disciplines including pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, pharmaceutical care, toxicology, pharmacokinetics, pharmacodynamics, and basic medicine to effectively serve patients and contribute to healthcare teams.

The analysis of educational challenges reveals significant gaps between current pharmacy education and the knowledge and skills required for contemporary practice. Respondents identified insufficient knowledge in pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care as barriers to successful practice, indicating that pharmacy curricula should strengthen emphasis on these clinical subjects. The finding that 68.8 percent of young pharmacists reported lack of special skills including marketing and computer skills as a major difficulty during professional adaptation highlights the need for pharmacy education to incorporate practical skills development alongside clinical knowledge. The integration of business skills, communication competencies, and technological literacy into pharmacy curricula would better prepare graduates for the realities of pharmacy practice and enhance their professional adaptation and success.

The professional adaptation challenges identified in the research provide important insights for supporting early career pharmacist development. The finding that the majority of young pharmacists consider mentor support through personal conversation as the most effective form of professional assistance during adaptation supports the development of formal mentorship programs in pharmacy organizations. The recognition that young pharmacists require three to six months to master professional skills and up to one year of colleague assistance suggests that workplaces should provide structured support, supervision, and professional development during the early career period. The identification of adaptation challenges including difficulties in team integration and relationships with leadership suggests that pharmacy education should incorporate more emphasis on teamwork, professional relationships, and organizational behavior to prepare graduates for workplace realities.

The factors influencing pharmacist work satisfaction reveal important priorities for workforce development and retention. The finding that salary and employee benefits received the lowest satisfaction ratings among all factors indicates significant economic concerns affecting workforce morale and potentially retention. Addressing compensation issues through attention to healthcare financing, reimbursement policies, and economic valuation of pharmacy services is essential for building a stable and engaged pharmacy workforce. Conversely, the high satisfaction ratings for correspondence of qualification to work, correspondence of work nature to capabilities, and professional promotion prospects indicate that pharmacists derive satisfaction from meaningful work that utilizes their education and capabilities and provides opportunities for advancement. These findings suggest that creating roles that fully utilize pharmacist expertise and provide career development opportunities can enhance workforce satisfaction and retention even in the context of economic challenges.

The professional development factors identified in the research provide guidance for creating conditions that support pharmacist growth and engagement. The finding that interesting and valuable work, favorable psychological climate within colleagues' teams, independence in work, the profession's social importance, professional education opportunities, and career growth possibilities are important for professional development suggests multiple avenues for supporting pharmacist development. Organizations that provide meaningful work, supportive team environments, professional autonomy, learning opportunities, and career advancement pathways can foster professional development and engagement. The commitment to ongoing professional development is essential for maintaining pharmacist competence and adapting to evolving healthcare demands.

The public perspective findings provide important validation for professional development efforts and regulatory reform. The finding that the vast majority of pharmacy consumers support government-mandated pharmacist certification indicates that the public values professional accountability and wants assurance of pharmacist competence. This public support provides a foundation for developing certification programs and professional regulation that enhance professional standards and public trust. The research also indicates that patients value professional competency as the most important quality in pharmacists, supporting the emphasis on educational quality and competency development in professional preparation and continuing education. The public recognition of pharmacist expertise and support for professional regulation provides a favorable environment for advancing pharmacy profession development in Georgia.

The regulatory and policy implications of the research findings are substantial and multifaceted. The evidence supporting higher pharmaceutical education requirements, pharmacist certification, continuing education, and professional regulation provides a foundation for policy development that would enhance professional standards and public protection. The recommendation that pharmacy become a regulated health profession would align Georgia with international standards and support professional development, authority, and accountability. The implementation of comprehensive regulatory frameworks including education requirements, licensing, continuing education, and certification would enhance professional competence and public trust in pharmaceutical services. Government support for pharmacy profession development including recognition of pharmacist authority, social importance, and professional status is essential for advancing the profession and realizing its full potential for healthcare contribution.

The educational reform implications of the research findings are comprehensive and actionable. The identification of specific educational gaps in pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, and pharmaceutical care supports curriculum reform that increases emphasis on these clinical subjects. The finding that practical skills including marketing, computer literacy, and business skills are lacking suggests that pharmacy curricula should incorporate more applied learning experiences that develop these competencies. The recommendation to increase contact hours and credits in clinical subjects reflects the importance of adequate instructional time for developing deep and systematic knowledge. The emphasis on experiential education, mentorship, and practical skill development supports enhanced clinical training opportunities and integration of theory and practice. The commitment to continuous pharmaceutical education programs supports lifelong learning and professional development throughout pharmacist careers.

The integration of education and practice emerges as a critical theme with implications for both educational and professional development. The research findings indicate that gaps between educational preparation and practice expectations contribute to adaptation challenges and professional development needs. Strengthening the education-practice interface through enhanced experiential education, practice-based learning, and partnerships between educational institutions and practice settings can better prepare graduates for professional practice. The involvement of practitioners in education and educators in practice can enhance mutual understanding and alignment between education and practice. The development of mentorship programs that bridge education and practice can support professional transitions and development.

The workforce development implications of the research findings extend to multiple dimensions including recruitment, retention, professional development, and career advancement. The identification of work satisfaction factors and professional development needs provides guidance for creating positive working conditions that support workforce engagement and retention. The finding that many pharmacists feel their professional potential

is not fully realized suggests opportunities for expanded professional roles and responsibilities that would better utilize pharmacist expertise. The commitment to ongoing professional development and continuing education supports workforce competence and adaptability. The development of clear career pathways including specialization and advancement opportunities can support professional growth and retention. Investment in workforce development including compensation, benefits, working conditions, and professional development support is essential for building a stable and engaged pharmacy workforce.

The ultimate conclusion of this comprehensive investigation is that pharmacists are essential healthcare professionals whose contributions to medication management, patient education, and healthcare delivery are increasingly recognized and valued in Georgia. The profession has made substantial progress in developing educational programs, professional standards, and practice models that support pharmacist contributions to healthcare quality. However, significant challenges remain including educational gaps, practice constraints, workforce development needs, and regulatory development requirements that must be addressed to fully realize the profession's potential. The evidence provided by this research establishes a foundation for addressing these challenges through strategic investment, policy development, educational reform, and professional advocacy. The future of pharmacy in Georgia depends on the collective commitment of all stakeholders to advancing the profession and realizing its contributions to healthcare quality and patient outcomes.

The research findings support a vision for pharmacy development in Georgia that encompasses comprehensive educational preparation, expanded professional practice, robust regulatory frameworks, and engaged professional community. Educational preparation should provide pharmacists with the deep clinical knowledge, practical skills, and professional competencies required for contemporary practice. Professional practice should enable pharmacists to utilize their full capabilities in patient care, medication management, and healthcare team collaboration. Regulatory frameworks should ensure professional competence through higher education requirements, certification, continuing education, and professional accountability. Professional community should foster identity, engagement, advocacy, and collaborative practice that advances the profession and its contributions to healthcare.

The research demonstrates that the pharmacy profession in Georgia stands at a critical juncture with significant opportunities for development and advancement. The evidence supports continued investment in pharmacy education, professional development, regulatory strengthening, and practice innovation to realize the full potential of pharmacist contributions to healthcare delivery. The commitment to professional development and educational excellence that emerges from the research findings provides a foundation for ongoing advancement of pharmacy practice and pharmaceutical education in Georgia. The collaborative engagement of educators, practitioners, policymakers, and other stakeholders in advancing the profession will determine the trajectory of pharmacy development and its contributions to population health in the years to come.

The implementation of development strategies based on research findings requires sustained commitment, resource allocation, and collaboration across stakeholder groups. Educational reform requires investment in curriculum development, faculty preparation, clinical training sites, and educational resources. Practice development requires policy changes, regulatory reform, organizational innovation, and professional advocacy. Workforce development requires attention to compensation, working conditions, professional development support, and career pathways. Regulatory strengthening requires policy development, implementation capacity, enforcement mechanisms, and ongoing evaluation. The engagement of all stakeholders in collaborative planning and implementation is essential for successful profession development. The research contributes to understanding of pharmacy development in a transitional healthcare context that may have relevance for other countries facing similar challenges. The findings add

to international knowledge about pharmacy profession development and educational reform in countries transitioning from Soviet-era healthcare models to contemporary healthcare systems. The methodological approach and findings may inform research and development efforts in other countries with similar healthcare system characteristics and professional development needs.

The investigation concludes with a call for continued commitment to pharmacy profession development in Georgia, recognizing the essential contributions that pharmacists make to healthcare quality and patient outcomes. The research provides compelling evidence that investment in pharmacy education, professional development, and practice innovation yields returns in terms of healthcare quality, medication safety, patient satisfaction, and population health. The advancement of the pharmacy profession is essential for realizing the full potential of pharmaceutical care and ensuring that patients in Georgia receive the highest quality medication management and healthcare services. The commitment to professional development and excellence that characterizes the Georgian pharmacy community provides a foundation for continued advancement and contribution to healthcare improvement in the years ahead.

Conclusion:

- The patient care implications of the research findings are significant and underscore the importance of pharmacist contributions to healthcare quality. The finding that patients seek pharmacists for medication information, adverse effect guidance, dosage instructions, and other medication-related services indicates that pharmacists play an essential role in supporting safe and effective medication use. The provision of comprehensive medication information and counseling by pharmacists contributes to medication adherence, safety, and therapeutic outcomes. The accessibility of pharmacists compared to other healthcare providers' positions them as important points of contact for patients seeking medication-related guidance and support. Enhancing pharmacist professional competence and expanding pharmacist roles in patient care can improve healthcare quality and patient outcomes.
- The public health implications of the research findings include opportunities for expanded pharmacist contributions to health promotion, disease prevention, and population health. The accessibility of pharmacists to communities and their medication expertise position them to contribute to public health initiatives including immunization, health screening, chronic disease management, and health education. The integration of public health competencies into pharmacy education and practice can prepare pharmacists for expanded roles in health promotion and disease prevention. The recognition of pharmacists as public health resources can enhance their contributions to population health improvement and healthcare system effectiveness.
- The comparative perspective on pharmacy development provides context for understanding Georgian professional development in relation to international standards and best practices. The recognition that in developed countries pharmacy is a regulated profession requiring higher education, licensing, continuing education, and periodic accreditation provides a benchmark for Georgian professional development. The alignment of Georgian pharmacy education and practice with international norms can support professional development, facilitate international collaboration and mobility, and enhance professional standing. However, adaptation of international approaches to the Georgian context is essential, considering local healthcare system characteristics, resource availability, cultural factors, and professional development priorities.
- The research methodology employed in this investigation provides a model for future research on pharmacy development in Georgia and other contexts. The comprehensive multi-stakeholder approach, integration of quantitative and qualitative methods, and large sample size across respondent categories provide robust evidence for understanding

pharmacy development. The identification of consistent themes across stakeholder perspectives strengthens confidence in the findings and their applicability for guiding professional development. The research contributes to the methodological literature on pharmacy practice research and provides a foundation for ongoing investigation and evaluation of pharmacy development initiatives.

- The limitations of the research should be acknowledged in interpreting and applying findings. The cross-sectional design provides a snapshot of current conditions but does not enable assessment of change over time or causal inference. The self-report nature of data may be subject to response bias including social desirability bias and recall limitations. The focus on the Georgian context may limit generalizability to other settings, though findings may be relevant to other countries facing similar challenges in pharmacy development. Despite these limitations, the research provides valuable evidence for understanding pharmacy development and guiding professional advancement efforts.
- The future directions for pharmacy development in Georgia suggested by the research findings include continued educational reform, professional practice expansion, regulatory enhancement, workforce development, and ongoing research and evaluation. Educational reform should address identified gaps in clinical sciences, practical skills, and professional competencies through curriculum revision, enhanced experiential education, and faculty development. Professional practice expansion should create opportunities for pharmacists to utilize their full capabilities through expanded clinical roles, interprofessional collaboration, and innovative service delivery models. Regulatory enhancement should establish higher education requirements, certification programs, continuing education requirements, and professional regulation that align with international standards and ensure public protection. Workforce development should address compensation, working conditions, professional development support, and career advancement opportunities to enhance recruitment, retention, and professional engagement. Ongoing research and evaluation should monitor progress, assess the impact of development initiatives, and identify emerging challenges and opportunities for professional advancement.

Recommendations

Based on the comprehensive findings of this scientific investigation into the features of the current state, items, prospects, and development of the pharmacists' profession and pharmaceutical educational challenges in Georgia, the following recommendations are proposed to guide professional advancement, educational reform, and healthcare policy development.

- Educational Reform Recommendations: Higher pharmaceutical educational institutions should undertake comprehensive curriculum revision that significantly increases emphasis on clinical sciences including pharmacology, pharmacotherapy, clinical pharmacy, pharmaceutical care, toxicology, and pharmacokinetics. The contact hours and credits allocated to these essential subjects should be expanded to ensure graduates possess deep and systematic knowledge required for contemporary practice. Pharmacy programs should also integrate practical skills development including marketing principles, computer literacy, business management, and communication competencies that address the identified gaps in professional adaptation. Experiential education should be strengthened through enhanced clinical training opportunities, structured mentorship programs, and practice-based learning experiences that bridge the gap between theoretical knowledge and practical application. Faculty development initiatives should prepare educators to deliver contemporary curriculum content using evidence-based teaching methods and to serve as effective mentors for pharmacy students.

- **Professional Practice Development Recommendations:** The scope of pharmacy practice in Georgia should be expanded to enable pharmacists to fully utilize their professional capabilities in patient care, medication management, and healthcare team collaboration. Clinical pharmacy services should be developed across healthcare settings including hospitals, primary care facilities, and community pharmacies to enhance pharmacist contributions to patient outcomes. Interprofessional collaboration should be fostered through team-based care models that recognize pharmacists as essential members of healthcare teams. Pharmacists should be empowered to provide comprehensive medication management services including medication therapy management, disease state management, patient education, and health promotion activities that address the full spectrum of patient needs.
- **Regulatory and Policy Recommendations:** The Government should establish pharmacist certification programs that validate professional competence and provide public assurance of pharmacist qualifications. Pharmacy should be recognized as a regulated health profession with requirements including higher pharmaceutical education, licensing, continuing education, and periodic accreditation aligned with international standards. Higher pharmaceutical education should be mandated as the exclusive qualification for pharmacist practice, ensuring that all pharmacists possess the comprehensive knowledge required for safe and effective patient care. Continuing pharmaceutical education programs should be developed and made accessible to all pharmacists to support lifelong learning and professional competence maintenance. The authority and social importance of the pharmacist profession should be enhanced through government recognition, policy support, and public awareness initiatives that establish pharmacists as essential healthcare providers.
- **Workforce Development Recommendations:** Pharmacy organizations should implement formal mentorship programs that provide young pharmacists with guidance, support, and professional development during early career transitions. Structured orientation and onboarding programs should be developed to support professional adaptation and skill development during the first year of practice. Working conditions should be improved through attention to compensation, benefits, schedule management, and organizational support that enhance pharmacist satisfaction and retention. Career development pathways should be established that provide opportunities for advancement, specialization, and professional growth. Professional development support including continuing education, training programs, and learning opportunities should be accessible to all pharmacists to maintain competence and support career progression.
- **Research and Evaluation Recommendations:** Ongoing research should monitor pharmacy profession development, evaluate the impact of educational and practice innovations, and identify emerging challenges and opportunities. Longitudinal studies should track pharmacist career trajectories, professional development outcomes, and workforce dynamics to inform strategic planning. Comparative research should examine pharmacy development across regions and countries to identify best practices and adaptation opportunities. Stakeholder engagement should continue to ensure that profession development remains responsive to the needs of patients, practitioners, and healthcare systems.
- The implementation of these recommendations requires sustained commitment, resource allocation, and collaboration across educational institutions, healthcare organizations, professional associations, government agencies, and other stakeholders committed to advancing pharmacy profession development in Georgia.

REFERENCES

1. Sulashvili N., M Beglaryan. Pharmacist mission gratification and profession improvement strategy. // Black sea scientific journal of academic research conference newsletter. (Medicine, Pharmacy sciences). Volume 26. November 2015. Tbilisi, Georgia, pp. 10-12.
2. Sulashvili N.; Beglaryan M. // Pharmacist's professional features and work gratification/ Black sea scientific journal of academic research multidiscipline journal. (Medicine, Pharmacy sciences) Volume 29. March-April 2016. Tbilisi, Georgia, p.62-68.
3. Sulashvili, N. Peculiarities of professional for pharmacists, viewed by the health-care specialists in Georgia// Experimental and Clinical Medicine, Scientific-Practical Journal. №4 2017. Tbilisi, Georgia, pp.47-51.
4. Sulashvili, N., Beglaryan M. Characteristics of pharmacist activity, viewed by the customer's//
5. Sulashvili, N., Beglaryan M. Pharmacist's professional features and work gratification. // Black sea scientific journal of academic research multidiscipline journal. (Medicine, Pharmacy sciences) Volume 29. March-April 2016. Tbilisi, Georgia, pp. 62-68.
6. Sulashvili, N., Beglaryan M. Pharmacists' professional features, viewed by the customer's (customer's) eyes in Georgia. // Experimental and Clinical Medicine, Scientific-Practical Journal, №4, 2017. Tbilisi, Georgia, pp. 22-25.
7. Sulashvili, N., Beglaryan M. Professional features for employed pharmacy faculty students in Georgia. // The New Armenian Medical Journal Supplement. YSMU Science Week 2017 Conference. November 27-December 1, Vol.11, №3, 2017, Yerevan, Armenia, p. 40.
8. Sulashvili, N., Beglaryan M. Vocational peculiarities of young pharmacist professionals// International scientific journal Intellectual. №35, 2018. Tbilisi, Georgia. pp. 96-104.
9. Sulashvili, N., Beglaryan M., Gogashvili M., Matoshvili M. Occupational particularities and strategy of Pharmacy faculty students. // Experimental and Clinical Medicine, Scientific-Practical Journal. №3, 2018. Tbilisi, Georgia. pp. 15-24.
10. Sulashvili, N., Beglaryan M., Matoshvili M. Occupational features of pharmaceutical workers, viewed by the chief pharmacists// Caucasus Journal of Health Sciences and Public Health. Volume 2, Issue 2, June 2018.Tbilisi-Georgia. pp.56-61.
11. The Role of the Pharmacist in Patient Care: Achieving High Quality, Cost-Effective and Accessible Healthcare Through a Team-Based, Patient-Centered Approach Paperback – July 7, 2020; pp 435-486.
12. The Role of the Pharmacist in the Health Care System. (2016). Retrieved from <http://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Jh2995e/1.3.html> A World Health Organization resource.
13. Thomas R. Brown; By Thomas R. Brown - Handbook of Institutional Pharmacy Practice//4th (fourth) Edition; American Society of Health-System Pharmacists (December 1, 2006); pp. 65-71.
14. World Health Organization; Quality Assurance of Pharmaceuticals 2017: WHO Guidelines, Good Practices, Related Regulatory Guidance and GxPs Training Materials // World Health Organization; 2017 edition (January 11, 2018); pp. 51-59.
15. Sulashvili N, Beglaryan M. Characteristics of pharmacist activity, viewed by the customer's. In: International Science and Innovation Festival 2017. Conferences "Healthy Lifestyle-Scientific Evidence and Controversial issues" and "Innovation in Medicine". Tbilisi: Tbilisi State Medical University; 2017. p. 30-31.
16. Ells AW, Sherman J. Community and Clinical Pharmacy Services: A step by step approach. New York: McGraw-Hill Education/Medical; 2013. 45-156 p.
17. Atkinson J, Rombaut B. The 2011 PHARMINE report on pharmacy and pharmacy education in the European Union. Pharm Pract. 2011;9:169-187.
18. Ells AW, Sherman J. Community and Clinical Pharmacy Services: A step by step approach. 1st ed. Kindle Edition. New York: McGraw-Hill Education/Medical; 2013. 187-219 p.
19. Franklin BD, van Mil JW. Defining clinical pharmacy and pharmaceutical care. Pharm World Sci. 2005;27(3):137-144.

20. Weissman F, Pinder J, Berns M. Pharmacy practice and tort Law. New York: McGraw-Hill Education/Medical; 2016. 125-197 p.
21. General Pharmaceutical Council. Future Pharmacists: Standards for the Initial Education and Training of Pharmacists. London: GPhC; 2011.
22. Graf J, von den Driesch A, Koch KC, Janssens U. Identification and characterization of errors and incidents in a medical intensive care unit. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2005;49(7):930-939.
23. Hassell K. Centre for Pharmacy Workforce Studies (CPWS) briefing paper: GPhC register analysis. London: General Pharmaceutical Council; 2011.
24. Herbert KE, Urmie JM, Newland BA, Farris KB. Prediction of pharmacist intention to provide Medicare medication therapy management services using the theory of planned behavior. *Res Social Adm Pharm*. 2006;2(3):299-314.
25. International Pharmaceutical Federation, World Health Organization. Joint FIP/WHO guidelines on good pharmacy practice: standards for quality of pharmacy services. The Hague and Geneva: International Pharmaceutical Federation and World Health Organization; 2011.
26. International Science and Innovation Festival 2017. Conferences "Healthy Lifestyle-Scientific Evidence and Controversial issues" and "Innovation in Medicine". Tbilisi: Tbilisi State Medical University; 2017. p. 30-31.
27. Sias JJ, James SV. Spanish for the pharmacy professional. Washington: American Pharmacists Association; 2009. 35-79 p.
28. Baker KR. Medication Safety: Dispensing Drugs Without Error. New York: Delmar Cengage Learning; 2012. 12-35 p.
29. Galt KA, Galt M. Patient-Centered Care for Pharmacists. 2nd ed. Bethesda: American Society of Health-System Pharmacists; 2012. 94-136 p.
30. Bennett MS. How to Implement the Pharmacists' Patient Care Process. Washington: American Pharmacists Association; 2015. 38-54 p.
31. Moore TJ, Furberg CD, Mattison DR, Cohen MR. Completeness of serious adverse drug event reports received by the US Food and Drug Administration in 2014. *Pharmacoepidemiol Drug Saf*. 2016;25(6):713-718.
32. Sulashvili N, Beglaryan M, Alavidze N, Gabunia L, Pkhakadze I, Okropiridze T, et al. Legal and regulatory scope, and identify the main challenges and opportunities of Georgian pharmacists. *Bulletin of the Medical Institute after Mehrabyan*. 2020;9:88-104.
33. Sulashvili N, Beglaryan M, Gerzmava O, Zrnadze I, Zarnadze S, Kvijhinadze N. Modern features and challenges of the pharmacist profession, viewed by the patients and public health specialists via pharmaceutical care direction in public health settings. *Bulletin of the Medical Institute after Mehrabyan*. 2020;9:105-120.
34. Sulashvili N. Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists [abstract]. Yerevan: Yerevan State Medical University after M. Heratsi; 2019. 1-26 p.
35. Sulashvili N. Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists [dissertation]. Yerevan: Yerevan State Medical University after M. Heratsi; 2019. 1-175 p.
36. Sulashvili N. Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists. Yerevan: Yerevan State Medical University; 2019. 1-175 p.
37. Sulashvili N. Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists. Yerevan: Yerevan State Medical University; 2019. 1-175 p.
38. National Matching Services. Summary results of the match for positions beginning in 2014. Available from: <https://www.natmatch.com/ashprmp/stats/2014applstats.html>. Accessed March 24, 2014.
39. Sulashvili N. Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists [abstract]. Yerevan: Yerevan State Medical University after M. Heratsi; 2019. 1-26 p.
40. Sulashvili N, Beglaryan M. Pharmacists' professional features, viewed by the customer's eyes in Georgia. *Exp Clin Med*. 2017;(4):22-25.
41. Christianson E. Pharmacotherapy: Improving Medical Education Through Clinical Pharmacy Pearls, Case Studies, and Common-Sense. Audible Audiobook; 2015. 8-29 p.
42. Sulashvili N, Beglaryan M. Professional features for employed pharmacy faculty students in Georgia. *New Armenian Med J Suppl*. 2017;11(3):40.

43. Navarro RP. Managed Care Pharmacy Practice. 2nd ed. Sudbury: Jones & Bartlett Learning; 2008. 336-389 p.
44. Roberts AS, Benrimoj S, Chen TF, Williams KA, Aslani P. Implementing cognitive services in community pharmacy: A review of facilitators used in practice change. *Int J Pharm Pract.* 2006;14:163-170.
45. Schnipper JL, Kirwin JL, Cotugno MC, et al. Role of pharmacist counseling in preventing adverse drug events after hospitalization. *Arch Intern Med.* 2016.
46. Sulashvili N, Aznauryan A, T-Markosyan A, Gorgaslidze N, Kocharyan S, Zarnadze I, et al. Modern scientific discussion of specificities of the role, achievements, innovations, professional and enhancement prospects of pharmacists in the context of the development of health care sector globally. *Exp Clin Med.* 2021;(5-6):38-42.
47. Sulashvili N, Beglaryan M. Professional features for employed pharmacy faculty students in Georgia. *New Armenian Med J Suppl.* 2017;11(3):40.
48. Sulashvili N, Beglaryan M, Shashiashvili G. Medical Professional's job Satisfaction and pharmaceutical organization issues viewed by Drug Dispensers in Georgia. In: 8th Eurasian Multidisciplinary Forum. Tbilisi; 2018. p. 42-55.
49. Sulashvili N, Beglaryan M, Sulashvili M, Kvizhinadze N, Kiknavelidze N. Job satisfaction proposals and challenges of Georgian pharmacists. In: Abstracts of II International Scientific and Practical Conference "The World of Science and Innovation". London; 2020. p. 175-190.
50. Sulashvili N, Beglaryan M. Pharmacist Occupational Features, Regulations Framework and Profession Enhancement Challenges of Pharmaceutics. *Caucasus J Health Sci Public Health.* 2020;4(Suppl 8):31-36.
51. Sulashvili N, Beglaryan M. The features of the role, innovations, occupational and educational perfection vistas of pharmacists' profession in the scope of the development of pharmaceutical care direction in Georgia. *Eur J Res.* 2022;7(1):14-25.
52. Sulashvili N, Beglaryan M. Pharmacist mission gratification and profession improvement strategy. *Black Sea Sci J Acad Res Conf Newsl.* 2015;26:10-12.
53. Sulashvili N, Beglaryan M. Pharmacist's professional features and work gratification. *Black Sea Sci J Acad Res Multidiscip J.* 2016;29:62-68.
54. Sulashvili N. Peculiarities of professional for pharmacists, viewed by the health-care specialists in Georgia. *Exp Clin Med.* 2017;(4):47-51.
55. Sulashvili N, Beglaryan M. Characteristics of pharmacist activity, viewed by the customer's. In: International Science and Innovation Festival 2017. Tbilisi; 2017. p. 30-31.
56. Sulashvili N, Beglaryan M. Pharmacist's professional features and work gratification. *Black Sea Sci J Acad Res Multidiscip J.* 2016;29:62-68.
57. Sulashvili N, Beglaryan M. Pharmacists' professional features, viewed by the customer's eyes in Georgia. *Exp Clin Med.* 2017;(4):22-25.
58. Sulashvili N, Beglaryan M. Professional features for employed pharmacy faculty students in Georgia. *New Armenian Med J Suppl.* 2017;11(3):40.
59. Sulashvili N, Beglaryan M. Vocational peculiarities of young pharmacist professionals. *Int Sci J Intellectual.* 2018;(35):96-104.
60. Sulashvili N, Beglaryan M, Gogashvili M, Matoshvili M. Occupational particularities and strategy of Pharmacy faculty students. *Exp Clin Med.* 2018;(3):15-24.
61. Sulashvili N, Beglaryan M, Matoshvili M. Occupational features of pharmaceutical workers, viewed by the chief pharmacists. *Caucasus J Health Sci Public Health.* 2018;2(2):56-61.
62. The Role of the Pharmacist in Patient Care: Achieving High Quality, Cost-Effective and Accessible Healthcare Through a Team-Based, Patient-Centered Approach. 2020. 435-486 p.
63. World Health Organization. The Role of the Pharmacist in the Health Care System. Geneva: WHO; 2016.
64. Brown TR. Handbook of Institutional Pharmacy Practice. 4th ed. Bethesda: American Society of Health-System Pharmacists; 2006. 65-71 p.
65. World Health Organization. Quality Assurance of Pharmaceuticals 2017: WHO Guidelines, Good Practices, Related Regulatory Guidance and GxPs Training Materials. Geneva: World Health Organization; 2018. 51-59 p.

66. Hepler CD, Strand LM. Opportunities and responsibilities in pharmaceutical care. *Am J Hosp Pharm.* 1990;47(3):533-543.
67. Cipolle RJ, Strand LM, Morley PC. *Pharmaceutical Care Practice: The Patient-Centered Approach to Medication Management.* 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2012.
68. American College of Clinical Pharmacy. The definition of clinical pharmacy. *Pharmacotherapy.* 2008;28(6):816-817.
69. Bond CA, Raehl CL. Clinical pharmacy services, pharmacy staffing, and hospital mortality rates. *Pharmacotherapy.* 2007;27(4):481-493.
70. Kaboli PJ, Hoth AB, McClimon BJ, Schnipper JL. Clinical pharmacists and inpatient medical care: a systematic review. *Arch Intern Med.* 2006;166(9):955-964.
71. Chisholm-Burns MA, Kim Lee J, Spivey CA, Slack M, Herrier RN, Hall-Lipsy E, et al. US pharmacists' effect as team members on patient care: systematic review and meta-analyses. *Med Care.* 2010;48(10):923-933.
72. Nkansah N, Mostovetsky O, Yu C, Chheng T, Beney J, Bond CM, et al. Effect of outpatient pharmacists' non-dispensing roles on patient outcomes and prescribing patterns. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;(7):CD000336.
73. American Society of Health-System Pharmacists. ASHP guidelines on the pharmacist's role in medication reconciliation. *Am J Health Syst Pharm.* 2016;73(1):e1-e9.
74. Pharmaceutical Society of Australia. *Professional Practice Standards.* 4th ed. Canberra: PSA; 2017.
75. European Association of Faculties of Pharmacy. *European Pharmacy Education: A Guide for Quality Assurance.* Brussels: EAFP; 2015.
76. International Pharmaceutical Federation. *FIP Global Competency Framework.* The Hague: FIP; 2012.
77. World Health Organization. *Guidelines for the Regulatory Assessment of Medicinal Products for Use in Self-Medication.* Geneva: WHO; 2009.
78. Council of Europe. *European Pharmacopoeia.* 10th ed. Strasbourg: Council of Europe; 2020.
79. Ministry of Health of Georgia. *Pharmaceutical Regulatory Framework.* Tbilisi: Ministry of Health; 2020.
80. National Center for Disease Control and Public Health. *Public Health Programs and Pharmacy Services.* Tbilisi: NCDC; 2019.
81. Georgian Pharmacy Association. *Professional Standards for Pharmacy Practice.* Tbilisi: GPA; 2018.
82. Sulashvili N, Beglaryan M. Professional development and career pathways for pharmacists in Georgia. In: *Proceedings of the International Conference on Pharmaceutical Sciences.* Tbilisi; 2018. p. 15-20.
83. Sulashvili N. Current trends and future directions in pharmaceutical education in Georgia. *Georgian Med News.* 2020;(305):120-125.
84. Characteristics of pharmacist activity, viewed by the customer's / N.Sulashvili. M. Beglaryan // *International Science and Innovation Festival 2017. Conferences "Healthy Lifestyle-Scientific Evidence and Controversial issues" and "Innovation in Medicine"* Tbilisi State Medical University. September 2017. Tbilisi, Georgia, p. 30-31.
85. Ashley W. Ells (Author), Justin Sherman; *Community and Clinical Pharmacy Services // A step by step approach.*; McGraw-Hill Education/Medical; 1 edition (April 30, 2013); pp. 45-156.
86. Atkinson J., Rombaut B., The 2011 PHARMINE report on pharmacy and pharmacy education in the European Union // *Pharm. Pract.* 2011;9: pp. 169–187.
87. *Community and Clinical Pharmacy Services: A step by step approach.* 1st Edition, Kindle Edition by Ashley W. Ells (Author), Justin Sherman (Author) Format: Kindle Edition; 2013, pp 187-219.
88. Franklin B. D.& van Mil J. W., *Defining clinical pharmacy and pharmaceutical care* // *Pharm World Science* 2005;27(3): p. 137-144.
89. Fred Weissman, James Pinder, Mark Berns; *Pharmacy practice and tort Law*, Mc Graw-Hill Education / Medical; 1 edition (February 8, 2016); pp.125-197.

90. General Pharmaceutical Council. Future Pharmacists: Standards for the Initial Education and Training of Pharmacists // London: GPhC; pp. 2011.
91. Graf J, von den Driesch A, Koch K-C, Janssens U. Identification and characterization of errors and incidents in a medical intensive care unit. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49(7):930—9.
92. Hassell K. Centre for Pharmacy Workforce Studies (CPWS) briefing paper: GPhC register analysis 2011. <http://www.pharmacy.regulation.org/sites/default/files/Analysis%20of%20GPhC%20Pharmacist%20Register%202011.pdf>. Accessed April 9, 2014.
93. Herbert K. E., Urmie J. M., Newland B. A, Farris K. B.. Prediction of pharmacist intention to provide Medicare medication therapy management services using the theory of planned behavior // *Res Social Adm Pharm*. 2006;2(3): pp. 299–314.
94. International Pharmaceutical Federation and World Health Organization. joint FIP/ WHO guidelines on good pharmacy practice: standards for quality of pharmacy services // The Hague and Geneva: International Pharmaceutical Federation and World Health Organization, 2011.
95. International Science and Innovation Festival 2017. Conf.-es “Healthy Lifestyle-Scientific Evidence and Controversial issues” and “Innovation in Medicine” Tbilisi State Medical University. September 2017. Tbilisi, Georgia. pp. 30-31.
96. Jeri J. Sias and Susana V. James; Spanish for the pharmacy professional (English and French Edition) // American Pharmacists Association; 1st edition (January 30, 2009); pp. 35-79.
97. Kenneth R. Baker; Medication Safety: Dispensing Drugs Without Error // Delmar Cengage Learning; 1 edition (May 10, 2012); pp. 12-35.
98. Kimberly A. Galt Pharm. D. FASHP, Michael Galt; Patient-Centered Care for Pharmacists; // American Society of Health-System Pharmacists; 2 editions (February 20, 2012); pp. 94-136.
99. Marialice S. Bennett; How to Implement the Pharmacists' Patient Care Process // American Pharmacists Association; 1 edition (March 15, 2015); pp. 38-54.
100. Moore T.J., Furberg C.D., Mattison D.R., Cohen M. R. Completeness of serious adverse drug event reports received by the US Food and Drug Administration in 2014. // *Pharmacoepidemiology, Drug Safety*. 2016; 25(6): pp. 713–718;
101. N. Sulashvili, M. Beglaryan, N. Alavidze, L. Gabunia, I. Pkhakadze, T. Okropiridze, M. Sulashvili, G. Pkhakadze; Legal and regulatory scope, and identify the main challenges and opportunities of Georgian pharmacists. *REPUBLIC OF ARMENIA ISSN 1829-040X, ORCID: 0000-0001-9263-6791, BULLETIN OF THE MEDICAL INSTITUTE AFTER MEHRABYAN, VOL. 9 TOM, YEREVAN 2020, Pp 88-104.*
102. N. Sulashvili., M. Beglaryan., O. Gerzmava., I. Zrnadze., Sh. Zarnadze., N. kvijhinadze; Modern features and challenges of the pharmacist profession, viewed by the patients and public health specialists via pharmaceutical care direction in public health settings; bulletin of the medical institute after Mehrabian, vol. 9, Yerevan 2020, pp 105-120.
103. N. Sulashvili; PECULIARITIES OF PROFESSIONAL AND CAREER IMPROVEMENT STRATEGY FOR PHARMACISTS REPUBLIC OF ARMENIA MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE; YEREVAN STATE MEDICAL UNIVERSITY AFTER M. HERATSI; ABSTRACT of the dissertation for the scientific degree of Ph.D. in Pharmaceutical Sciences; On specialty 15.00.01 – Pharmacy; The Specialized Council 026 “Theoretical Medicine” of the Supreme Certifying Committee of the Republic of Armenia at the Yerevan State Medical University. YEREVAN – 2019; Pp 1-26.
104. N. Sulashvili; PECULIARITIES OF PROFESSIONAL AND CAREER IMPROVEMENT STRATEGY FOR PHARMACISTS REPUBLIC OF ARMENIA MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE; YEREVAN STATE MEDICAL UNIVERSITY AFTER M. HEARTS; DISSERTATION; Dissertation for the Scientific Degree of Ph.D. in Pharmaceutical Sciences; On specialty 15.00.01 – Pharmacy; YEREVAN – 2019; Pp 1-175;

105. N. Sulashvili; Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists' republic of Armenia ministry of education and science; Yerevan state medical university; Dissertation; Dissertation for the Scientific Degree of PhD in Pharmaceutical Sciences; On specialty 15.00.01 – Pharmacy; YEREVAN – 2019; Pp 1-175;
106. N. Sulashvili; Peculiarities of professional and career improvement strategy for pharmacists' republic of Armenia ministry of education and science; Yerevan state medical university; Dissertation; Dissertation for the Scientific Degree of PhD in Pharmaceutical Sciences; On specialty 15.00.01 – Pharmacy; YEREVAN – 2019; Pp 1-175;
107. National Matching Services. Summary results of the match for positions beginning in 2014. <https://www.natmatch.com/ashprmp/stats/2014applstats.html>. Accessed March 24, 2014
108. Nodar Sulashvili. Peculiarities Of Professional And Career Improvement Strategy For Pharmacists Republic of Armenia Ministry Of Education And Science; Yerevan State Medical University After M. Heratsi; Abstract of The Dissertation For The Scientific of PhD In Pharmaceutical Sciences; On Specialty 15.00.01 – Pharmacy; The Specialized Council 026 “Theoretical Medicine” of The Supreme Certifying Committee Of The Republic Of Armenia At The Yerevan State Medical University. YEREVAN – 2019; Pp 1-26.
109. Pharmacists' professional features, viewed by the customer's (customer's) eyes in Georgia/ N. Sulashvili, M. Beglaryan // Scientific-Practical Journal. Experimental and Clinical Medicine, №4, 2017. Tbilisi, Georgia, p. 22-25.
110. Pharmacotherapy: Improving Medical Education Through Clinical Pharmacy Pearls, Case Studies, and Common-Sense Audible Audiobook – Unabridged Eric Christianson (Author); 2015, pp 8-29.
111. Professional features for employed pharmacy faculty students' in Georgia / N.Sulashvili, M.Beglaryan // The New Armenian Medical Journal Supplement. YSMU Science Week 2017 Conference. November 27-December 1, Vol.11, №3 2017, Yerevan, Republic of Armenia, p. 40.
112. Robert P. Navarro; Managed Care Pharmacy Practice 2nd Edition // Jones & Bartlett Learning; 2 edition (December 25, 2008); pp. 336-389.
113. Roberts A. S., Benrimoj S., Chen T.F., Williams K. A., Aslani P. Implementing cognitive services in community pharmacy: A review of facilitators used in practice change // Int. J. Pharm. Pract. 2006;14: pp. 163–170.
114. Schnipper JL, Kirwin JL, Cotugno MC, et al. Role of pharmacist counseling in preventing adverse drug events after hospitalization. Arch Intern Med. 2016.
115. Sulashvili N., Aznauryan A., T-Markosyan A., Gorgaslidze N, Kocharyan S., Zarnadze I., Yenokyan B, Chikviladze T., Chichoyan N , Gabunia L. , Zarnadze Sh., Beglaryan M. ; MODERN SCIENTIFIC DISCUSSION OF SPECIFICITES OF THE ROLE, ACHIEVEMENTS, INNOVATIONS, PROFESSIONAL AND ENHANCEMENT PROSPECTS OF PHARMACISTS IN THE CONTEXT OF THE DEVELOPMENT OF HEALTH CARE SECTOR GLOBALLY. ISSN 1512-0392; E-ISSN 2667-9736; SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL of Experimental and Clinical Medicine №5-6; 9 of October, 2021, Tbilisi-Georgia. Pp: 38-42.
116. Sulashvili N., Beglaryan M. Professional features for employed pharmacy faculty students in Georgia / // The New Armenian Medical Journal Supplement. YSMU Science Week 2017 Conference. November 27-December 1, Vol.11, №3 2017, Yerevan, Republic of Armenia, p. 40.
117. Sulashvili N., Beglaryan M. Shashiashvili G. Medical Professional's job Satisfaction and pharmaceutical organization issues viewed by Drug Dispensers in Georgia// ISSN 1987-863X, 8th Eurasian Multidisciplinary Forum, EMF 2018, 6-7 September. Tbilisi, Georgia. pp.42-55.
118. Sulashvili N., Beglaryan M., Sulashvili M., N. Kvizhinadze, N. Kiknavelidze. JOB SATISFACTION PROPOSALS AND CHALLENGES OF GEORGIAN PHARMACISTS; UDC 001.1; ISBN 978-92-9472-197-6; Collection of scientific articles of the scientific and practical publication; Abstracts of II International Scientific and Practical Conference” THE

WORLD OF SCIENCE AND INNOVATION". London, United Kingdom, 16-18 September 2020. Pp 175-190.

119. Sulashvili N., Beglaryan M.; Pharmacist Occupational Features, Regulations Framework and Profession Enhancement Challenges of Pharmaceutics. *Caucasus Journal of Health Sciences and Public Health*; E ISSN 2449-2450; ISSN 2449-2647; The University of Georgia Publishing Official Journal of the University of Georgia and Iv. Javakhishvili Tbilisi State University with Support of the Arctic University of Tromsø/Norway. Volume 4, Supplement 8, July 20-24, 2020; Pp 31-36.
120. Sulashvili N., Beglaryan M.; THE FEATURES OF THE ROLE, INNOVATIONS, OCCUPATIONAL AND EDUCATIONAL PERFECTION VISTAS OF PHARMACISTS' PROFESSION IN THE SCOPE OF THE DEVELOPMENT OF PHARMACEUTICAL CARE DIRECTION IN GEORGIA. ISSN 2521-3261 (Online); ISSN 2521-3253 (Print); DOI 10.37057/2521-3261; <https://journalofresearch.eu/index.php/jreu>; (EJR) European Journal of Research, Volume 7, Issue 1, 2022; Published 19-01-2022. Pages 14-25.

ADVANCES IN INNOVATIVE ANTIMICROBIAL APPLICATIONS OF ESSENTIAL OILS

Dr. Safaa Rhaimi

Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, safaa.rhaimi@uit.ac.ma, Orcid id : 0000-0002-4707-6569

ABSTRACT

Essential oils (EOs) have emerged as promising natural antimicrobial agents due to their broad-spectrum activity against bacteria, fungi, viruses, and parasites. Their antimicrobial effects are mainly attributed to bioactive compounds that disrupt microbial structures and essential cellular processes, although the mechanisms of many constituents remain incompletely understood.

Recent advances in nano-encapsulation have enhanced the antimicrobial potential of EOs by improving their stability, solubility, bioavailability, and controlled release while reducing volatility and degradation. These improvements have increased their effectiveness against multidrug-resistant (MDR) pathogens.

Furthermore, combining EOs or their major constituents with conventional antibiotics has shown promising synergistic effects, offering a potential strategy to enhance antimicrobial efficacy and limit the emergence of resistance. However, the mechanisms underlying synergistic, additive, and antagonistic interactions require further investigation. In addition to medical applications, EOs are increasingly explored as natural alternatives to synthetic preservatives in the food industry.

Keywords: Essential oils; antimicrobial activity; multidrug-resistant pathogens; nano-encapsulation; synergistic interactions.

PLANT ESSENTIAL OILS: EMERGING SOLUTIONS TO ANTIMICROBIAL RESISTANCE

Dr. Safaa Rhaimi

Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, safaa.rhaimi@uit.ac.ma, Orcid id : 0000-0002-4707-6569

ABSTRACT

Antimicrobial resistance (AMR) has become a major global health challenge due to the increasing prevalence of multidrug-resistant (MDR) and extensively drug-resistant (XDR) bacteria, together with the limited development of new antibiotics.

Plant essential oils (EOs) have gained considerable attention as promising natural antibacterial agents because of their broad-spectrum activity and multi-target mechanisms. Recent studies have demonstrated that EOs can inhibit biofilm formation, interfere with quorum sensing, modulate efflux pumps, and restore bacterial susceptibility to conventional antibiotics, particularly in clinically isolated resistant strains. These findings highlight the potential of EOs as complementary therapeutic agents against priority bacterial pathogens.

Moreover, advances in analytical techniques, omics technologies, and microfluidic platforms have improved the understanding of the molecular mechanisms underlying EO antibacterial activity and may facilitate their future clinical development. Despite these promising results, several challenges remain, including variations in EO chemical composition, the absence of standardized evaluation protocols, and the limited availability of in vivo studies.

Overall, plant essential oils represent a valuable source of innovative antibacterial compounds and offer promising perspectives for developing alternative strategies to combat antimicrobial resistance.

Keywords: Plant essential oils; antibacterial activity; antimicrobial resistance; multidrug-resistant bacteria; synergism.

SYNERGISTIC IN VITRO ANTIFUNGAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS AGAINST A PHYTOPATHOGENIC FUNGUS

Dr. Safaa Rhaimi

Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, safaa.rhaimi@uit.ac.ma, Orcid id : 0000-0002-4707-6569

ABSTRACT

The increasing resistance of phytopathogenic fungi to conventional fungicides has encouraged the search for natural and environmentally friendly alternatives.

This study aimed to evaluate the in vitro antifungal activity of two essential oils against a major phytopathogenic fungus responsible for significant crop losses.

Antifungal activity was assessed by determining the inhibitory effect of each essential oil individually and in combination on fungal growth.

The results demonstrated that both essential oils exhibited antifungal activity, while their combination produced a synergistic effect, resulting in enhanced inhibition of fungal growth. A significant synergistic effect was observed at a concentration of 0.06%, indicating improved efficacy when the essential oils were combined.

These findings highlight the potential of essential oil combinations as promising natural antifungal agents and support their application as sustainable alternatives to synthetic fungicides in plant disease management.

Keywords: Antifungal activity; Essential oils; Synergistic effect; Phytopathogenic fungi; Biological control.

IN VITRO ANTIOXIDANT ACTIVITY OF A MEDICINAL PLANT ESSENTIAL OIL: EVALUATION OF FREE RADICAL SCAVENGING CAPACITY

Dr. Safaa Rhaimi

Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, safaa.rhaimi@uit.ac.ma, Orcid id : 0000-0002-4707-6569

ABSTRACT

Oxidative stress plays a key role in the onset and progression of several chronic diseases, including diabetes mellitus. Natural products are increasingly investigated as potential sources of antioxidant compounds capable of neutralizing free radicals.

This study aimed to evaluate the in vitro antioxidant activity of a medicinal plant essential oil using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay.

Antioxidant capacity was assessed by measuring the ability of the essential oil to reduce DPPH radicals in a concentration-dependent manner, and the IC₅₀ value was determined. The essential oil exhibited a noticeable free radical scavenging activity, although its antioxidant potential was lower than that of the reference antioxidant.

These findings suggest that the essential oil contains bioactive constituents with antioxidant properties and may represent a promising natural source of compounds for the prevention of oxidative stress-related disorders. Further phytochemical characterization and biological investigations are required to identify the compounds responsible for this activity.

Keywords: Antioxidant activity; Essential oil; DPPH assay; Free radical scavenging; Oxidative stress.

ADVANCING NITROGEN USE EFFICIENCY THROUGH INNOVATIVE AND SUSTAINABLE AGRICULTURAL PRACTICES

ELABBARI Chaimaa¹, Pr. Labjar Najoua², Pr.EL Hajjaji souad¹

¹ Laboratory of Molecular Spectroscopy Modelling, Materials, Nanomaterials, Water and Environment, CERNE2D, Faculty of Science, Mohammed V University in Rabat, Morocco;

² Laboratory of Molecular Spectroscopy Modelling, Materials, Nanomaterials, Water and Environment, CERNE2D, ENSAM, Mohammed V University in Rabat, Morocco

ABSTRACT

The Mediterranean region faces significant agricultural challenges driven by climate change, water scarcity, soil degradation, biodiversity loss, and the excessive use of chemical fertilizers and pesticides. These interconnected pressures threaten agricultural productivity, environmental sustainability, and food security, highlighting the urgent need for innovative and sustainable farming practices. Biotechnology has emerged as a powerful tool to address these challenges by improving crop performance, optimizing resource use, and reducing the environmental footprint of agricultural systems.

This study explores the role of biotechnological innovations in promoting sustainable agriculture across the Mediterranean region. It highlights recent advances in plant biotechnology, microbial bio fertilizers, bio stimulants, precision agriculture, remote sensing technologies, and molecular approaches that enhance nutrient use efficiency, improve crop resilience to abiotic stresses, and minimize soil and water pollution. Particular attention is given to sustainable nitrogen management strategies, including the integration of beneficial plant species and innovative monitoring techniques to reduce nitrogen losses while maintaining crop productivity.

The adoption of these technologies offers significant environmental and socio-economic benefits, including improved soil health, enhanced water-use efficiency, reduced greenhouse gas emissions, and increased resilience of agricultural systems to climate variability. However, their successful implementation requires supportive policies, investment in research and innovation, technology transfer, and stronger collaboration among researchers, farmers, policymakers, and industry stakeholders.

Biotechnological innovations represent a key pathway toward achieving sustainable agricultural development in the Mediterranean region. By integrating advanced technologies with environmentally responsible farming practices, these approaches can contribute to resilient agro ecosystems, improved food security, and the long-term conservation of natural resources.

Keywords: Sustainable agriculture; Mediterranean region; Biotechnology; Nitrogen use efficiency; Nitrate pollution;

REFERENCES

- [1] B. Saha, A. Fatima, S. Saha, S. K. Sahoo, and P. Poddar, “Environmental Pollution Due to Improper Use of Chemical Fertilizers and Their Remediation,” in *Environmental Contaminants*, Apple Academic Press, 2024, pp. 203–219.
- [2] S. Savci, “An agricultural pollutant: chemical fertilizer,” *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 3, no. 1, p. 73, 2012.
- [3] H. Jariwala, R. M. Santos, J. D. Lauzon, A. Dutta, and Y. Wai Chiang, “Controlled release fertilizers (CRFs) for climate-smart agriculture practices: a comprehensive review on release mechanism, materials, methods of preparation, and effect on environmental parameters,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 36, pp. 53967–53995, 2022.
- [4] E. Kebede, “Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems,” *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 5, p. 767998, 2021.
- [5] D. Birla, S. L. Yadav, Gajanand, R. A. Patel, and P. Sanodiya, “Agronomic techniques to improve environmental restoration and climatic resilience in the agroforestry system,” in *Agroforestry solutions for climate change and environmental restoration*, Springer, 2024, pp. 437–462.

CHALLENGES AND INSTITUTIONAL–STRUCTURAL BARRIERS TO INDIVIDUAL MASTERY IN THE PATH OF IRAN’S POLITICAL ECONOMY UNDERDEVELOPMENT

Vorya Shabrandi

Dr. Sajjad Bahrami Moghadam

The Gap Between Individual Capability and Institutional Structure in Iran

Abstract:

This article investigates the structural obstacles to individual mastery in Iran’s political economy through the design and testing of an interdisciplinary conceptual model. The central research question asks why, despite significant human capital, talented individuals and elites are unable to progress through the final stages of professional and intellectual mastery in Iran. To address this, three complementary theoretical frameworks are employed: first, Douglas North’s theory of extractive institutions to explain the institutional roots of underdevelopment; second, Nassim Taleb’s concepts of *antifragility* and “*skin in the game*” to highlight the lack of accountability in power structures; and third, Ali-Reza Qoli’s sociological analysis of elite suppression to account for historical barriers that reproduce underdevelopment. These frameworks are integrated with Robert Greene’s six-stage mastery model call, apprenticeship, practice, creativity, intuition, and mastery. The findings indicate that most stages of mastery in Iran face institutional, educational, cultural, and political obstacles, leading to outcomes such as brain drain, exclusion of independent elites, and incomplete personal development. Accordingly, the study proposes the “*Cycle of Mastery Challenges*” model as an explanation of systemic barriers to development, emphasizing the need for institutional reform, power redistribution, and a learning-oriented culture to enable mastery as a developmental right. The research demonstrates how a rent-seeking structure, weak institutions, and systematic elite suppression transform mastery into an individual, migration-driven, and exceptional phenomenon in Iran. Ultimately, the proposed conceptual model suggests that overcoming the cycle of underdevelopment requires institutional reorganization, balanced power distribution, and restored accountability among decision-makers.

Keywords: Iran, mastery, underdevelopment, institutional economics.

THE IMPACT OF HOSPITALITY SERVICE QUALITY ON TOURIST LOYALTY IN HOTELS IN THE CONTEXT OF TOURISM PROMOTION IN BENIN

Jean-Roïtinos AISSI,

Doctor ; Geography and Environmental Management; Laboratory of Biogeography and Environmental Expertise (LABEE) ; aissirockfeller@gmail.com ;

ABSTRACT

The quality of hospitality is now a major challenge for hotel establishments seeking to retain an increasingly demanding tourist clientele. The overall objective of this thesis is to contribute to a better understanding of the impact of hospitality quality on tourist loyalty within a hotel establishment.

The methodology adopted is based on quantitative data collection via questionnaires addressed to both tourists and hotel staff, supplemented by a documentary analysis to better understand existing strategies.

The results show that 85% of tourists consider courtesy essential and 80% value staff responsiveness. The quality of hospitality influences loyalty for 72% of tourists. Regarding staff, 93% receive ongoing training, and 65% of guests appreciate personalized service. These findings confirm that hospitality quality is a key driver of loyalty at the Bénin Royal Hotel.

Keywords : Quality of reception, Loyalty, Tourists, Strategy

**BIOGENIC IRON OXIDE NANOPARTICLES USING *CICHORIUM INTYBUS* AS AN
ALTERNATIVE TO ORAL IRON THERAPY: BIOCOMPATIBILITY AND
THERAPEUTIC EVALUATION VIA INTRAVENOUS AND TRANSDERMAL
ROUTES**

Mohsin Fawad

Abstract

This study investigates the effectiveness of biogenic iron oxide nanoparticles (BIO-IONPs) using *Cichorium intybus* for transdermal and intravenous delivery as an innovative strategy to combat iron deficiency anemia (IDA). This study evaluates the safety profile, pharmacokinetic study and therapeutic efficacy of BIO-IONPs in a phenylhydrazine-induced anemia model, with direct comparison with conventional oral iron therapy. In vitro biocompatibility testing confirmed that BIO-IONPs are non-toxic to normal cells, further supporting their suitability for clinical use. Additionally, histopathological analysis confirmed its strong safety profile. Pharmacokinetic analysis demonstrated a significant improvement ($p < 0.001$) in iron bioavailability and prolonged half-life, effectively bypassing first-pass metabolism to enhance iron absorption and retention for prolonged therapeutic effects of BIO-IONPs through both pathways. The efficacy study indicated that, in BIO-IONPs groups, hematological and biochemical parameters returned to normal values, and the histopathological structures of liver, spleen, and kidney remained normal. This proves that BIO-IONPs increase iron bioavailability. In conclusion, BIO-IONPs demonstrate superiority as a therapeutic regimen for the treatment of IDA compared to conventional iron therapy. These results demonstrate that transdermally and IV administered BIO-IONPs represent a highly promising alternative to conventional oral iron-based therapies, providing improved safety, increased efficacy, and long-lasting therapeutic benefits for people with IDA.

EVALUATION OF RENEWABLE ENERGY PATHWAYS FOR BANGLADESH BASED ON A MULTI-DIMENSIONAL ANALYSIS OF INSTITUTIONAL ENERGY DEMAND VIS- À-VIS SOCIO-ECONOMIC INDICATORS AND INCOME LEVEL

**Dr. Md. Mahamudur Rahman Papon¹, Dr. Nilima Islam², Md. Golam Rasul³, Mohammad Rashe
Dun Nabi⁴, Md. Sarwath Hussain Bhuiyan⁵, Fahad Rahul⁶.**

1. PhD in Built Environment (HC), MS in Environmental Science, MSDM, Bachelor of Architecture, Policy Analysis (PGT), Strategic Management (PGT).
American East Coast University, University of Dhaka, Dept. of Geography & Environment., State University of Bangladesh, Dept. of Env. Science, Dept. of Architecture
Email: archmahamud@gmail.com Orchid: 0000-0002-1207-6868
2. Lecturer, US Bangla Medical College and Hospital, Dhaka.
Medical College for Women and Hospital, Uttara, Dhaka.
Email: nishatn601@gmail.com, dr.nilimaislam@usbmc.edu.bd,
3. Department of URP, Rajshahi University of Engineering & Technology
Email: golamrasul.asha@gmail.com
4. Dept. of Env. Sc. and Man., North South University
Email: rashed079@gmail.com
5. Dept of Wet Processing, Bangladesh University of Textiles
Email: zoaibhossainbd@gmail.com
6. BSc in Env. Sc., Dept. of Env. Sc. & DM, Gopalganj Science and Technology University
Email: fahadrahul18@gmail.com Orchid: 0009-0007-4780-5550

Abstract

Bangladesh is at a critical stage in its energy transition, facing increasing institutional energy demand while ensuring affordable and equitable energy access across different income groups. This study evaluates renewable energy pathways for Bangladesh's built environment through a multidimensional assessment of major building sectors.

Using a multi-criteria decision-making framework, the research assesses the technical, economic, and environmental performance of five renewable energy technologies: solar photovoltaics, wind, hydropower, biomass, and geothermal energy. The evaluation incorporates factors such as capital cost, operational feasibility, lifespan, carbon footprint, and strategic benefits, while also examining the relationship between energy consumption, household energy expenditure, income levels, and national energy tariffs.

The findings identify solar photovoltaics as the most suitable renewable energy option for Bangladesh due to its scalability, declining costs, and compatibility with both urban and rural energy systems. This research also provides a context-specific framework for advancing Bangladesh's energy transition by aligning renewable energy deployment with socio-economic resilience, institutional capacity, and sustainable development goals, recommended valuable guidance for policymakers, professionals, and energy stakeholders.

Keywords: Renewable Energy, Carbon Footprint, Energy Expenditure, National Energy Tariffs, Solar Photovoltaics, Bangladesh's Energy Transition, Urban and Rural Energy Systems. *Copyright ©2026 Dr. Md. Mahamudur Rahman Papon | All Rights Reserved*

THYROID HORMONE LEVELS AND THEIR ASSOCIATION WITH PLASMA ZINC LEVELS AMONG ADOLESCENT AFGHAN REFUGEES; A CROSS-SECTIONAL STUDY

Dr Saima Shaheen

Demonstrator

Department of Biochemistry,
Khyber Girls Medical College,
Hayatabad, Peshawar.

Saimashaheen940@gmail.com

Dr Nabila Sher

Professor

Khyber Girls Medical College,
Hayatabad, Peshawar
dr.nabi65@gmail.com

Dr. Kalsoom Tariq

Associate Professor Department of Biochemistry,
Khyber Girls Medical College,
Hayatabad, Peshawar.
drkalsoomtariq@yahoo.com

Abstract

Introduction: Thyroid hormones play an important role in the development and maintenance of nearly all tissues. In Pakistan, hypothyroidism and hyperthyroidism prevalence are 4.1% and 5.1%, respectively, and with increasing age, prevalence increases approximately to 10% in adults over 65 years of age. Malnutrition or nutritional deficiencies in the body can be the cause of thyroid disorders. Zinc (Zn) and copper (Cu), have important roles in regulating biological processes, maintaining normal thyroid function, and preventing thyroid diseases.

Objective: The objective of study was to find out levels of the thyroid hormones (TSH, T3 and T4) and its association with plasma zinc levels among adolescents Afghan refugees living in Peshawar, Pakistan.

Methodology:

Study design: Cross-sectional study

Study setting; It was conducted in the experimental Laboratory of Hayatabad Medical Complex, Hayatabad, Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan) and University of Nottingham, England.

Subjects: A total of 206 adults from Khazana Afghan Refugee Camp, Peshawar were recruited and demographic details were done using a standard questionnaire.

Methods: We measured the patient's weight and height to calculate body mass index (BMI). Each participant blood sample was taken, so that many indicators could be measured. The concentrations of plasma zinc were measured by Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) ,and TSH, T3, and T4 were done by using cobas e 601 which is a completely

automated analyzer that performs immunoassay analysis using electrochemiluminescence (ECL) technology.

Results: Gender was equally divided into 103 females and 103 males with age group of 10-14 was (65.5%) and 15-19 was (34.5%). According to results (99.0%) participants had normal TSH levels, (79.1%) of participants had normal T3 levels, while (78.6%) of participants had normal T4 levels. T3 and T4 was low in (10.7 and 18.4 %) respectively. Serum Zinc levels in majority (65%) of participants had normal zinc levels while 35% of the participants were found to be deficient in zinc. There was significant association between gender and age group p value 0.02. A significant association was found between the gender and T3 levels. Females had more ratio of increased T3 levels. There was significant association between gender and T4 levels. However there was no significant association between thyroid hormones Zinc and other parameters.

Conclusion: This non-significant study did not find a direct relationship between thyroid hormones and zinc levels, there is still evidence to suggest that maintaining adequate zinc levels may be important for proper thyroid function. Further research is needed to fully understand the relationship between these two factors. Keywords; malnutrition, hyperthyroidism, hypothyroidism

Keywords; malnutrition, hyperthyroidism, hypothyroidism

Registration number: 2019/KMU/ KGMC/MPhil/BIO/1

QUALITY ASSURANCE AND QUALITY TRAINING PROVISION IN TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION: REVIEW OF EMPIRICAL STUDIES

Dr. Modibbo Muhammed Buba

Department of Vocational Education
Modibbo Adama University, Yola, Adamawa State, Nigeria.

Dr. Daniel Marcel

Department of Business Administration
Mudame University, Irrua, Edo State, Nigeria.

Abstract

Technical and vocational education and training at all levels needs urgent attention for better quality. The quality and relevance of skills and knowledge produced by the current training program are not meeting the target of quality and employability. This paper reviews empirical studies on the quality assurance and quality training provision in technical and vocational education. The review focuses on staff development for teachers from 2021 to 2025. The review focuses on staff development on teachers' job productivity. Two objectives guided the review. The methodology used was a review of empirical papers focusing on the quality assurance and quality training provision. The studies used various research designs, including correlational, survey, experimental, qualitative, and case study research. Data collection methods included questionnaires and interviews, which were adopted, adapted, and self-structured. Data analysis was mainly descriptive statistics, with some authors focusing on multiple sub-variables. The findings aligned with the study's titles and were well organized. The study found the quality assurance and quality training provisions in technical and vocational education. The recommendation on the way forward is improving and sustaining quality assurance in TVET programs in Nigeria.

Keywords: quality assurance, quality training provision, technical and vocational education, review of empirical studies

1. Introduction

In order to produce competent graduates prepared for the demands of the labor market, high standards in teaching, learning, infrastructure, and overall student development must be maintained globally through effective quality assurance policies (Niyonasenze et al., 2025). The quality of training provided in TVET institutions is hampered by issues like insufficient funding, poor input quality, and dispersed governance structures. This highlights the necessity of strong quality assurance frameworks, industry collaboration, sufficient budget allocation, and ongoing monitoring and evaluation to improve the quality of training in TVET schools worldwide (Bhatta, 2023). The provision of high-quality instruction in Technical and Vocational Education (TVET) institutions is greatly influenced by quality assurance.

Numerous studies emphasize how important quality assurance procedures are to guaranteeing TVET programs' efficacy (Gasmelseed, 2021). For example, studies conducted in different nations highlight the good correlation between TVE program quality assurance and teachers' readiness for the demands of the labor market in the period of Industrial Revolution 4.0 (Mutebi, & Ferej, 2023). In a similar vein, research conducted in Sudan and Uganda emphasizes how crucial it is to create legal frameworks and improve input resources in order to raise the standard of instruction provided in TVET institutions (Asad et al., 2023).

Furthermore, findings from the State of Amhara in Ethiopia reveal that inadequate allocation of necessary resources hampers the quality of training processes in TVET, necessitating immediate government intervention to enhance quality assurance efforts (Niyonasenze et al., 2025). TVE schools are confronted with different challenges that have affected their growth (Gyampoh et al., 2025). These include the implementation of an official curriculum, which does not encompass the current needs of the labour market and, in curriculum design, might not involve the key stakeholders, such as industries and curriculum implementers from the grassroots levels, thus leading to the unexpected mismatch between the provided training and labour market needs. Thus, this study will review empirical studies on quality assurance and quality training provision in TVET schools in Nigeria.

2. Empirical Review of Related Literature

Niyonasenze et al. (2025) looked at eleven important aspects that affect training quality, such as guidance from quality assurance, supervision of training delivery, enhancements to workshops and learning environments, and more. TVET trainers provided the data, which was then examined using a multiple linear regression model and descriptive analysis. Trainers concurred that oversight of training providing guarantees alignment with industry needs ($M = 3.51$, $SD = 0.499$) and that guidance from quality assurance greatly enhances training methods ($M = 3.77$, $SD = 0.525$). Additionally, it was discovered that quality assurance enhanced learning environments ($M = 2.64$, $SD = 0.539$) and workshops ($M = 2.53$, $SD = 0.502$). Quality assurance had a substantial positive link with labor market-oriented training, curriculum implementation, practical skill acquisition, and stakeholder participation. Regression analysis showed that 17.9% of the difference in quality training provided was influenced or explained by quality assurance factors taken together. Certain elements, such better workshops and successful curriculum implementation, showed a substantial positive link with high-quality training and were statistically significant. The study came to the conclusion that improving the quality of instruction in TVET schools depends heavily on quality assurance. In order to match training with labor market demands and educational best practices, the study suggested creating

frequent evaluation frameworks, promoting ongoing feedback, working with industry representatives, and increasing stakeholder participation.

Gyampoh et al. (2025) investigates the current quality assurance standards affecting the quality of Technical and Vocational Education Training (TVET) at a few National Vocational Training Institutes (NVTIs) in Ghana's Ashanti Region. It seeks to examine how these criteria affect TVET's contribution to productivity and socioeconomic growth in Ghana. The study uses a case study methodology, collecting pertinent data from the field study through the use of provided questionnaires. The data was analyzed descriptively using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software, and the results were presented in an understandable format with frequencies, percentages, and graphical representations. It was discovered that the quality of TVET is negatively impacted by the low or nonexistent quality assurance systems in place. These elements make it more difficult for students to acquire the knowledge and skills they need to meet Ghana's industrial demands. emphasized the necessity of competency-based training (CBT) programs to enhance the teaching of practical skills, the creation of internal Quality Assurance Units within NVTIs for efficient monitoring and assessment, and effective financing sources from the Government of Ghana (GOG). In order to place the Council for Technical and Vocational Education and Training (COTVET) in a crucial position for the efficient coordination, operation, and certification of TVET at NVTIs, the governance structure must be restructured. These would improve the caliber of instruction and learning strategies, preparing students for employment or entrepreneurship once they graduate. By filling in the gaps in the body of knowledge about quality assurance's effects on productivity and socioeconomic development, the study offers fresh perspectives on the state of quality assurance in Ghana's TVET industry. It outlines particular difficulties that NVTIs encounter and provides practical suggestions designed to raise the efficiency of vocational training in Ghana. Kamin and Wafudu (2024). Determine standard teaching and learning components to guaranty high-quality delivery for the accomplishment of VTE goals. Teaching procedures that support the structure for quality assurance in VTE programs are coordinated by the quality assurance framework for teaching and learning, which is intended to be a closed-loop management process. 259 respondents from education colleges completed a survey designed to look at the quality standards for teaching and learning in VTE. The quality indicators of the identified teaching and learning components were examined. The key benchmark for enhancing quality teaching and learning to achieve the intended goals of VTE programs is the conceptual framework for teaching and learning with the 12 quality components and 62 quality indicators.

The suggested framework is adaptable and can be used in a variety of other programs to guaranty that educators are qualified to deliver sufficient learning outcomes.

The relevance of Continuous Professional Development to high-quality training delivery in Technical and Vocational Education and Training institutions in Rwanda's Rwamagana area is examined by Niyonasenze et al. (2025). The respondents were chosen using multistage sampling approaches. Ten school administrators, 135 trainers, and 157 trainees provided the data. The data gathered from respondents was analyzed using multiple linear regression models and descriptive analysis. The overall mean score for trainers was ($M = 3.19$, $SD = 1.19$) and demonstrated statistical significance, according to the findings regarding the influence of continuous professional development factors on quality training provision. This suggests that trainers' ongoing professional development has an impact on the quality of training provided in TVET schools. Additionally, it was determined that ongoing professional development has a favorable and significant impact on the provision of high-quality training in TVET schools. The study came to the following conclusion on the impact of independent variables on the quality of training offered in TVET schools: the overall R^2 values for measured CPD variables contributed 13.74% to the quality of training offered in TVET schools in Rwamagana.

Ciroma et al. (2023) investigate how QA affects TVET in Nigeria. In order to offer a trustworthy evaluation and evidence based on research on TVET in Nigeria, this study becomes essential. The survey approach is the foundation of the quantitative research method for gathering data. Purposive sampling will be used to pick a sample size of 150 staff and student respondents from the major sample locations, which will be Kaduna Polytechnic, Federal College of Education Zaria, Nuhu Bamalli Polytechnic, Zaria, and Ahmadu Bello University, Zaria. The completed surveys would be electronically analyzed, and the results would be methodically shown using descriptive and inferential statistics. The survey's main conclusion is that, due to inadequate QA at all levels, TVET's influence has not been particularly noteworthy. Furthermore, the results suggest that if TVET is to support employability and national development, the general public—especially policymakers—must be appropriately informed and made aware of the genuine aim of TVET in relation to the fields of architecture and environmental science.

According to a research by Trevelynn (2022), 75% of TVET instructors who took part in CPD programs said their application of knowledge and instructional skills had significantly improved. According to the study, CPD programs designed specifically to meet the needs of TVET teachers, like practical S. Niyonasenze et al. DOI: 10.4236/ape.2024.143008 101 Modern teaching techniques and technical advancements in physical education are essential for

raising student achievement. This result emphasizes the necessity of focused professional development that directly responds to the changing needs of the labor market. The Njenga's additional research demonstrated how CPD affects curricular compliance with industry norms. The survey found that the relevance of their courses significantly improved in 68% of TVET universities who collaborated with industry stakeholders for CPD programs. By ensuring that the training was current with industry practices, these partnerships improved graduates' employability. According to a research by the Kenya Institute of Curriculum Development (KICD), teachers who took part in CPD programs were also 60% more likely to use cutting-edge teaching strategies and technology in their classrooms, which would enhance the students' overall educational experience.

Gasmelseed (2021) examine the quality assurance practice of public TVET institutions in Khartoum State and its challenges and prospects. To this end, the study used an explanatory sequential mixed method design. The researcher chooses 285 teachers and 491 students from 12 TVET institutions to complete the study questionnaire using stratified and simple random sampling. Descriptive (mean scores, standard deviation) and inferential statistics used to analyze quantitative data (two-sample t-test, multiple regression analysis). Also, the researcher interviewed all of the selected TVET institution managers, technical education directors, and SCVTA for qualitative data. Besides, six teachers and nine students participated in a focus group discussion, accompanied by an observational checklist for the quantity and quality of selected input resources. Documentary analyses for TVET policy documents were also used. According to the study's findings, the amount of materials and services available at Khartoum state TVET institutions is insufficient. In TVET institutions, the input quality was poor. Students had high expectations and perceptions of TVET.

Methodology

In order to find pertinent literature for this review, the researcher explored a variety of scholarly databases and reputable journals. Empirical publications published within the last five years, from 2021 to 2025, were given precedence in order to ensure that the results are still relevant and up to date. The selected studies offer a variety of perspectives and insights regarding quality assurance and quality training supply in technical and vocational education, and they span a range of geographical areas and institutional types.

3. Findings

The majority of the empirical articles that have been examined worldwide are from poor nations, with very few coming from developed nations. All of the reviewed papers are empirical and employ various study designs. Numerous gaps with similarities across different regions

were found. These deficiencies include, among other things, improper design and data collection tools, inaccurate instrument validation procedures, and erroneous data analysis techniques. The results so indicated that various staff development activities, including training, should be made available to teachers in schools. seminars, workshops, conferences, and in-service events to enhance their technical and vocational education quality assurance and training offerings.

4. Conclusion

A comprehensive, current, and sustainable quality TVET program is crucial to national security in response to Nigeria's expanding need for skilled labor and technicians across a wide range of sectors. This will boost productivity, lower poverty, and improve both personal and income levels, thereby lowering the country's crime rate and insecurity.

5. Recommendations

For long-term quality assurance in TVET for national security, the following suggestions are offered.

1. Programs for teacher retraining and training.
2. The government's TVET strategy should guarantee that it is in line with the demands of the labour market both now and in the future.
3. Regularly monitoring and evaluating the training's efficacy so that adjustments and modifications can be made as needed to preserve the program's calibre.
4. Involve the business community and industry.
5. Make sure the TVET program is delivered with excellence.

References

- Asad, M.M., Mahar, P., Dattoo, A.K., Sherwani, F. and Hassan, R. (2023) Impact of Quality Assurance on TVET Programs for the Digital Employment Market of IR 4.0 in Pakistan: A Quantitative Investigation. *Education + Training*, 65, 891-908.
- Bhatta, K. (2023) Quality Assurance Agenda in Nepali TVET System. *Journal of Technical and Vocational Education and Training*, 17, 74-81
- Ciroma, B. F. , Aminu-Umar, W. A., & Thyeno, C. N (2023). The Role of Quality Assurance in Improving Technical Vocational Education and Training (TVET) In Architecture Kaduna Polytechnic, Nigeria. *International Journal of Environmental Technology*, 6(3), 1-16.
- Gasmelseed, A.M.M. (2021) Quality Assurance Practices in Public Technical and Vocational Education and Training Institutions in the Khartoum State-Sudan. *Journal of Educational and Social Research*, 11, 21-31
- Gasmelseed, M. M. A. (2021). Quality assurance practices in public technical and vocational education and training institutions in the Khartoum State-Sudan. *Innovation of Vocational Technology Education*, XVII(2), 118-131
- Gyampoh, A. S., Ayesu, M. S., Crentsil, T., Morty-Bayuko, T. & Schall, M. (2025). Revitalizing Technical and Vocational Education Training (TVET) through quality assurance in selected NVTIs in the Ashanti Region of Ghana. *Fashion and Textiles Review*, 6, 22-39
- Mutebi, R. and Ferej, A. (2023) A Review of TVET Quality Assurance Practice in Uganda. *East African Journal of Interdisciplinary Studies*, 6, 182-196

Niyonasenze, S., Nzabwirwa, W. and Nizeyimana, G. (2025) Quality Assurance as a Driver for Enhancing Quality Training Provision in TVET Schools, Rwanda. *Open Access Library Journal*, 12: e11746.

Niyonasenze, S., Nzabwirwa, W., & Nizeyimana, G. (2024). Building Trainer Competencies and Skills for Quality Training Delivery in TVET Schools, Rwanda. *Advances in Physical Education*, 14, 94-118.

Trevellyn, N. A. (2022). Contribution of Gender Policies in Technical Vocational Education and Training to Gender Equity among Students in Vocational Training Institute, Central Region, Uganda. Master's Thesis, Kenyatta University.

Wafudu, J. S. & Kamin, B. Y. (2024). Quality assurance: a conceptual framework for teaching and learning standards in vocational and technical education programs Available to purchase. *Quality Assurance in Education*, 32 (2), 213–231.

KINDERGARTEN–FAMILY PARTNERSHIP IN SUBCULTURAL COMMUNITIES

Dr. Zenel Sina

“Aleksandër Moisiu” University, Durrës, Albania

Email: zenelsina2020@gmail.com

Orcid Id: 0009-0009-7333-1621

Dr. Adriana Qafa

“Barleti” University, Tiranë, Albania

Email: diana.qafa@gmail.com

Orcid Id: 0009-0006-1783-4249

Abstract

The partnership between preschool institutions and families—specifically between educators and parents in relation to community engagement—constitutes a critical component of leadership practices in kindergartens serving children aged 3–6. The functional significance of this partnership is closely linked to its direct impact on the holistic development of the child. This component becomes particularly challenging in contexts characterized by subcultural heterogeneity. This article aims to analyze the dynamics of kindergarten–family interaction within subcultural communities, drawing upon contemporary theoretical frameworks from the sociology of education and intercultural pedagogy. The study is informed by data collected during the training of kindergarten leaders conducted by the School of Directors, within the framework of the module “Family and Community Participation and Partnership with the Kindergarten.” The article further explores the tensions and synergies that emerge from the intersection of norms, values, and educational practices among families belonging to diverse subcultural backgrounds and preschool institutions. Particular emphasis is placed on the mediating role of intercultural communication and the professional competencies of educators. In this context, the importance of developing a reflective and critically informed approach to cultural diversity is highlighted, aiming to foster collaborative relationships grounded in trust, mutual respect, and reciprocal legitimacy. Analytically, the article concludes that the institutionalization of inclusive practices and the promotion of active family participation contribute significantly to improving children’s developmental outcomes, strengthening social cohesion, and enhancing the effectiveness of educational practices within sub culturally complex contexts.

Keywords: *early childhood education; kindergarten–family partnership; subcultural communities; intercultural communication; intercultural competence*

GLOBAL SCIENTIFIC PERSPECTIVES ON THE BIOLOGICAL AND CLINICAL EFFECTS OF ANTHROPOGENIC ELECTROMAGNETIC RADIATION ON HUMAN HEALTH: MOLECULAR MECHANISMS, CELLULAR SIGNALING, PHYSIOLOGICAL DYSREGULATION, ELECTROMAGNETIC HYPERSENSITIVITY SYNDROME, AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Nodar Sulashvili 1 , Nana Gorgaslidze 2 , Magda Davitashvili 3 , Maka Buleishvili 4 , Margarita Beglaryan 5 , Vira Kravchenko 6 , Igor Seniuk 7 , Natia Kvizhinadze 8 , Marika Sulashvili 9 , Nato Alavidze 10 , Ia Egnatievi 11 , Manana Giorgobiani 12 , Olga Shapoval 13 , Lela Grigolia 14 , Kakhaber Robakidze 15 , David Aphkhazava 16

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Tbilisi, Georgia; Invited Professor/Lecturer of Scientific Research-Skills Center, Tbilisi State Medical University; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at Grigol Robakidze University, Professor of Medical Pharmacology of Faculty of Medicine, Sul Khan-Saba Orbeliani University; Associate Professor of Pharmacy **Program, Sh. Meskhia Zugdidi State University**; Associate Professor of Medical Pharmacology at Faculty of Medicine, David Aghmashenebeli University of Georgia; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of Health Sciences at The University of Georgia; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine, East European University; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Dentistry and Pharmacy, Tbilisi Humanitarian Teaching University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Invited Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Teaching University "Geometri"; Invited Professor of Faculty of Medicine at European University, Invited Professor of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia; <https://orcid.org/0000-0002-9005-8577> E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. 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>

3. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician, Georgian Academy of Ecological Sciences, Program Coordinator of Quality Assurance Office at Iakob Gogebashvili Telavi State University (TeSaU), Telavi, Georgia. <https://orcid.org/0009-0005-4213-6533>

4. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Dean of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU, Tbilisi, Georgia; 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, 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>

5. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Head of the Department of Pharmaceutical Management, Yerevan, Armenia; <https://orcid.org/0000-0003-3697-6390>

6. 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>

7. 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/0000-0003-3819-7333>

8. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Tbilisi State Medical University, Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi, Georgia.

9. 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>

10. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia. Professor, Dean Faculty of Medicine at East European University, Tbilisi, Georgia. <https://orcid.org/0000-0001-6695-5924>
11. MD, PhD, DDM, Doctor of Medical Sciences, Professor of David Aghmashenebeli University of Georgia, Dean Faculty of Medicine at David Aghmashenebeli University of Georgia. Tbilisi, Georgia.
12. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of David Aghmashenebeli University of Georgia, Head of The Medical Education Study Program; Tbilisi, Georgia.
13. 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>
14. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of The Caucasus International University; Tbilisi, Georgia;
15. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of The Caucasus International University; National Health Center named after Academician O. Gudushauri; Tbilisi, Georgia;
16. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry at Alte University, Professor of Biochemistry, University of Georgia, Professor of Biochemistry Georgian National University SEU, Invited Lecturer (Professor) of Biophysics and Microbiology, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6216-6477>

ABSTRACT

Anthropogenic electromagnetic fields (EMFs), generated by modern technologies including telecommunications infrastructure, wireless communication systems, electrical transmission networks, consumer electronics, industrial equipment, and medical devices, have become an inseparable component of contemporary life. The rapid expansion of fifth-generation (5G) communication systems, the Internet of Things (IoT), artificial intelligence-driven digital ecosystems, and continuously increasing wireless connectivity has substantially increased both the diversity and duration of human exposure to electromagnetic radiation. Although international regulatory organizations have established exposure limits primarily based on well-recognized thermal effects, scientific interest has increasingly focused on potential non-thermal biological interactions and their implications for human health. Considerable debate continues regarding whether chronic, low-intensity exposure to anthropogenic electromagnetic fields may influence molecular signaling pathways, cellular homeostasis, physiological regulation, and the development of clinical symptoms in susceptible individuals. Consequently, comprehensive evidence-based evaluation remains essential for informing public health policy, biomedical research, and future technological development. The objective of this review is to critically examine current scientific evidence concerning the biological and clinical consequences of anthropogenic electromagnetic field exposure, emphasizing molecular mechanisms, cellular responses, physiological adaptations, clinical manifestations, and the controversial phenomenon of electromagnetic hypersensitivity syndrome (EHS). Furthermore, the review evaluates emerging experimental findings, epidemiological investigations, mechanistic laboratory studies, and public health perspectives while identifying major research limitations and future scientific priorities. A comprehensive narrative review methodology was employed through systematic examination of peer-reviewed scientific literature published in international biomedical databases. Evidence from molecular biology, physiology, neuroscience, toxicology, bioelectromagnetics, environmental health, occupational medicine, epidemiology, clinical medicine, and public health was synthesized. Priority was given to recent high-quality systematic reviews, meta-analyses, randomized and observational investigations, laboratory-based mechanistic studies, and consensus reports

issued by internationally recognized scientific organizations. The quality, consistency, biological plausibility, and methodological strengths and limitations of available evidence were critically evaluated to provide an integrated multidisciplinary perspective. Current scientific evidence demonstrates that electromagnetic fields interact with biological systems through multiple biophysical mechanisms that remain incompletely understood. Experimental investigations suggest that electromagnetic exposure may influence membrane polarization, voltage-gated ion channel activity, intracellular calcium signaling, reactive oxygen species generation, mitochondrial function, inflammatory mediator production, gene transcription, protein synthesis, epigenetic regulation, and cellular stress responses. Several laboratory studies have reported alterations in oxidative stress biomarkers, DNA repair processes, apoptosis regulation, neuroendocrine signaling, immune function, blood-brain barrier permeability, and neurotransmitter activity following specific electromagnetic exposures. Nevertheless, many observed biological responses are modest, inconsistent, exposure-dependent, and influenced by considerable variability in experimental protocols, exposure characteristics, dosimetry, biological models, and outcome measurements. Human epidemiological evidence remains heterogeneous. While some observational studies have identified associations between prolonged occupational or environmental electromagnetic exposure and neurological symptoms, sleep disturbances, headaches, fatigue, cognitive complaints, reproductive outcomes, or selected chronic diseases, other well-designed investigations have failed to confirm consistent causal relationships. Likewise, research evaluating carcinogenic potential continues to produce conflicting findings, with existing evidence supporting ongoing surveillance rather than definitive conclusions regarding long-term health risks. The International Agency for Research on Cancer classification of radiofrequency electromagnetic fields as a possible human carcinogen highlights scientific uncertainty while emphasizing the importance of continued investigation. Electromagnetic hypersensitivity syndrome represents one of the most debated issues within environmental medicine. Individuals reporting EHS frequently experience headaches, dizziness, impaired concentration, insomnia, skin irritation, fatigue, anxiety, cardiovascular complaints, and other nonspecific symptoms that they attribute to electromagnetic exposure. However, double-blind provocation studies have generally been unable to demonstrate consistent relationships between symptom occurrence and actual electromagnetic exposure under controlled experimental conditions. These findings suggest that EHS is a complex multifactorial condition requiring integrated biomedical, neurological, psychological, and environmental investigation rather than simplistic causal explanations. The current evidence indicates that anthropogenic electromagnetic fields are capable of producing measurable biological responses under certain experimental conditions; however, convincing evidence demonstrating clinically significant adverse health effects resulting from exposure below internationally recommended safety limits remains limited and inconsistent. Future multidisciplinary research should prioritize standardized exposure assessment, advanced dosimetry, molecular biomarker discovery, longitudinal cohort studies, precision medicine approaches, and harmonized international research protocols to clarify remaining uncertainties. Strengthening scientific rigor, interdisciplinary collaboration, and evidence-based public health strategies will be essential for accurately characterizing electromagnetic health risks while supporting safe technological innovation in increasingly interconnected societies.

Keywords: Anthropogenic electromagnetic fields (EMFs); Electromagnetic hypersensitivity syndrome (EHS); Molecular mechanisms; Human health; Bioelectromagnetics.

INTRODUCTION

The unprecedented technological transformation of the twenty-first century has fundamentally altered the electromagnetic environment surrounding human populations. Anthropogenic

electromagnetic fields (EMFs), generated by electricity production and distribution systems, wireless communication technologies, mobile telephony, radiofrequency transmitters, satellite communications, radar systems, industrial equipment, household appliances, medical technologies, and numerous digital devices, have become an inseparable component of modern civilization. Rapid digitalization, expanding global connectivity, urbanization, smart-city infrastructure, and the widespread implementation of fifth-generation (5G) telecommunications, the Internet of Things (IoT), cloud computing, artificial intelligence, wearable electronics, and wireless healthcare technologies have substantially increased both the complexity and cumulative duration of human exposure to artificial electromagnetic radiation. Consequently, understanding the biological consequences of anthropogenic EMFs has emerged as an increasingly important scientific priority for biomedical research, environmental health sciences, occupational medicine, public health, regulatory policy, and clinical practice.

Electromagnetic fields encompass a broad spectrum of electromagnetic radiation characterized by varying frequencies, wavelengths, and energy levels. The electromagnetic spectrum ranges from extremely low-frequency (ELF) fields associated with electrical power transmission systems through intermediate-frequency fields, radiofrequency (RF) radiation, microwaves, infrared radiation, visible light, ultraviolet radiation, X-rays, and gamma rays. While ionizing radiation possesses sufficient photon energy to directly disrupt molecular bonds and induce DNA damage, non-ionizing electromagnetic radiation—including ELF and RF fields—does not possess adequate energy to ionize biological molecules. Nevertheless, growing scientific attention has focused on whether prolonged exposure to non-ionizing anthropogenic electromagnetic fields may initiate indirect biological responses through complex biophysical and biochemical mechanisms that extend beyond conventional thermal effects.

The global expansion of electrical infrastructure during the twentieth century represented the first major increase in continuous human exposure to artificial electromagnetic fields. Subsequently, technological innovations including radio broadcasting, television transmission, microwave communication, wireless internet, mobile communication systems, satellite navigation, and digital networking have progressively transformed environmental electromagnetic exposure patterns. Today, billions of individuals worldwide routinely utilize smartphones, wireless routers, Bluetooth-enabled devices, laptops, tablets, smart watches, wireless charging systems, and numerous interconnected electronic technologies throughout daily life. Healthcare systems have similarly adopted sophisticated electromagnetic technologies including magnetic resonance imaging (MRI), diathermy, electrosurgery, neurostimulation devices, implantable cardiac pacemakers, cochlear implants, wearable physiological monitoring systems, and telemedicine platforms. Industrial sectors increasingly rely upon electromagnetic technologies for manufacturing automation, logistics, transportation, telecommunications, energy management, and advanced engineering applications. Collectively, these developments have substantially expanded the diversity of electromagnetic sources encountered across residential, occupational, educational, healthcare, and recreational environments.

The continuous evolution of wireless communication technologies has further intensified scientific interest regarding potential health implications associated with chronic electromagnetic exposure. The deployment of successive generations of mobile communication networks—from first-generation analog systems to contemporary fifth-generation infrastructures—has resulted in increasing numbers of base stations, antennas, wireless access points, and interconnected communication devices. Future sixth-generation (6G) communication networks are anticipated to introduce even higher-frequency applications, greater network density, lower latency, and unprecedented integration of intelligent digital systems. These technological advancements promise remarkable societal benefits, including enhanced healthcare delivery, autonomous transportation, precision agriculture, industrial

automation, and advanced educational platforms. Simultaneously, however, they have stimulated ongoing scientific debate concerning long-term biological safety, cumulative exposure patterns, vulnerable populations, and appropriate regulatory standards.

Interest in the biological effects of electromagnetic exposure has evolved considerably during recent decades. Early investigations primarily concentrated on acute thermal effects produced by high-intensity radiofrequency radiation, where absorbed electromagnetic energy elevates tissue temperature and produces well-characterized physiological consequences. These thermal mechanisms remain the principal scientific basis for current international exposure guidelines established by organizations such as the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). However, advances in molecular biology, cellular physiology, neuroscience, systems biology, and bioelectromagnetics have expanded scientific inquiry toward potential non-thermal mechanisms that may operate at exposure levels substantially below internationally accepted safety thresholds.

Contemporary experimental investigations have explored whether electromagnetic fields may influence fundamental biological processes including cellular membrane function, ion transport, calcium signaling, oxidative stress pathways, mitochondrial metabolism, inflammatory responses, neuroendocrine regulation, immune function, apoptosis, protein synthesis, gene transcription, epigenetic modification, and intracellular communication. Although numerous laboratory studies have reported measurable biological alterations under defined experimental conditions, interpretation remains challenging because findings frequently differ according to exposure frequency, intensity, modulation characteristics, duration, biological model, experimental methodology, and statistical analysis. Consequently, reproducibility and biological significance continue to represent major scientific challenges requiring standardized research methodologies and multidisciplinary collaboration.

From a public health perspective, anthropogenic electromagnetic fields represent an environmental exposure experienced by virtually every individual, regardless of age, occupation, socioeconomic status, or geographic location. Unlike many traditional environmental hazards that affect specific occupational groups or localized communities, electromagnetic exposure has become nearly universal in technologically developed societies. Consequently, even relatively small biological effects—if consistently demonstrated—could possess considerable public health implications because of the enormous number of individuals potentially exposed over extended periods. This characteristic distinguishes electromagnetic health research from many conventional toxicological investigations and emphasizes the necessity for rigorous evidence-based risk assessment.

Special attention has been directed toward potentially vulnerable populations that may exhibit increased biological sensitivity to environmental electromagnetic exposure. Children represent an important research priority because of ongoing neurological development, longer anticipated lifetime exposure, differences in tissue composition, and evolving physiological systems. Similarly, pregnant women, developing fetuses, elderly individuals, patients with chronic neurological or cardiovascular disorders, and workers experiencing prolonged occupational exposure have received increased scientific attention. The widespread use of wireless educational technologies among children and adolescents has additionally generated interest regarding possible developmental, cognitive, behavioral, and neurophysiological outcomes associated with long-term exposure beginning early in life. Although current evidence has not established definitive causal relationships, precautionary research strategies remain justified to ensure comprehensive evaluation of susceptible populations.

Occupational exposure constitutes another significant dimension of electromagnetic health research. Healthcare professionals operating magnetic resonance imaging systems, telecommunications engineers, electrical utility workers, radar operators, broadcasting

personnel, military staff, industrial manufacturing employees, airport workers, and scientific laboratory personnel may encounter electromagnetic exposure levels that differ substantially from those experienced by the general population. Occupational epidemiology has therefore become an essential discipline for investigating long-term exposure scenarios, cumulative dose-response relationships, and potential associations with chronic disease development. Well-designed cohort studies incorporating accurate exposure assessment, biomarker evaluation, and extended follow-up periods provide valuable opportunities to investigate potential occupational health risks while minimizing methodological limitations commonly encountered in environmental exposure research.

Scientific understanding of electromagnetic bioeffects has benefited substantially from advances in molecular biology and systems medicine. Modern laboratory technologies—including transcriptomics, proteomics, metabolomics, epigenomics, single-cell sequencing, advanced microscopy, high-throughput screening, computational biology, artificial intelligence-assisted data analysis, and precision dosimetry—have significantly enhanced researchers' capacity to investigate subtle biological responses at molecular and cellular levels. These innovative methodologies enable comprehensive evaluation of signaling networks, metabolic pathways, oxidative balance, inflammatory mediators, mitochondrial dynamics, and gene regulatory mechanisms potentially influenced by electromagnetic exposure. Integration of these multidisciplinary technologies has generated increasingly sophisticated mechanistic hypotheses while simultaneously revealing the complexity of biological adaptation to environmental electromagnetic stimuli.

Despite remarkable scientific progress, substantial uncertainties remain regarding the consistency, reproducibility, and clinical significance of reported biological effects. Experimental investigations have frequently produced conflicting findings, reflecting differences in exposure systems, dosimetric precision, biological models, sample sizes, statistical methodologies, laboratory conditions, and experimental endpoints. Furthermore, translating laboratory observations into clinically meaningful health outcomes remains particularly challenging because cellular responses observed under controlled experimental conditions may not necessarily predict physiological consequences in complex human populations. Therefore, comprehensive integration of mechanistic biology, experimental research, epidemiology, toxicology, clinical medicine, and public health evidence remains essential for accurately characterizing potential health risks associated with anthropogenic electromagnetic fields.

The scientific controversy surrounding anthropogenic electromagnetic exposure illustrates the broader challenge of evaluating emerging environmental technologies within rapidly evolving societies. While technological innovation has transformed communication, healthcare, transportation, education, commerce, and global economic development, responsible implementation requires continuous assessment of potential biological consequences using rigorous evidence-based methodologies. Modern environmental health research increasingly emphasizes precautionary scientific evaluation without discouraging technological advancement, recognizing that innovation and public health protection should progress synergistically rather than competitively. Consequently, comprehensive interdisciplinary investigation into the biological effects of anthropogenic electromagnetic fields remains an important priority for ensuring sustainable technological development while safeguarding human health.

The present review addresses these challenges by synthesizing current evidence regarding the biological interactions between anthropogenic electromagnetic fields and human physiological systems. Particular emphasis is placed on molecular mechanisms, cellular signaling pathways, physiological adaptations, and the evolving scientific understanding of electromagnetic hypersensitivity syndrome. Through critical evaluation of contemporary experimental,

epidemiological, clinical, and public health evidence, this review aims to provide an integrated framework that supports future biomedical research, informs evidence-based regulatory policies, and identifies priorities for advancing knowledge in the rapidly expanding field of bioelectromagnetics.

The interaction between anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) and biological systems represents one of the most multidisciplinary areas of contemporary biomedical research, integrating principles from physics, molecular biology, physiology, neuroscience, environmental medicine, toxicology, engineering, epidemiology, and public health. Unlike conventional chemical toxicants that exert biological effects through direct molecular interactions, electromagnetic fields influence living organisms through complex physical mechanisms involving electric and magnetic forces that may alter cellular function without introducing exogenous chemical substances. Consequently, understanding the biological significance of electromagnetic exposure requires comprehensive evaluation of fundamental biophysical processes together with molecular and physiological responses occurring across multiple levels of biological organization.

Biological tissues possess intrinsic electrical properties that are essential for normal physiological function. Cell membranes maintain transmembrane electrical potentials through tightly regulated ionic gradients, while specialized tissues—including the nervous system, myocardium, skeletal muscle, retina, endocrine organs, and gastrointestinal tract—depend upon highly coordinated bioelectrical signaling to regulate communication, metabolism, and homeostasis. Endogenous electrical activity governs neuronal transmission, cardiac rhythm generation, muscle contraction, hormone secretion, tissue repair, embryonic development, and numerous other physiological processes. Because external electromagnetic fields may interact with these endogenous electrical phenomena, researchers have long hypothesized that artificial electromagnetic exposure could potentially influence biological signaling under specific exposure conditions.

One of the most extensively investigated mechanisms involves alterations in calcium homeostasis. Calcium ions function as universal intracellular second messengers regulating gene expression, neurotransmitter release, muscle contraction, immune activation, apoptosis, mitochondrial metabolism, and cellular proliferation. Experimental investigations have suggested that certain electromagnetic exposures may influence voltage-gated calcium channels located within cellular membranes, resulting in transient alterations of intracellular calcium concentrations. Subsequent activation of calcium-dependent signaling cascades may theoretically influence nitric oxide synthesis, cyclic nucleotide production, kinase activation, transcription factor regulation, and numerous downstream biochemical pathways. Nevertheless, the magnitude, reproducibility, and physiological relevance of these observations remain subjects of continuing scientific investigation.

Oxidative stress has emerged as another major focus of electromagnetic bioeffects research. Reactive oxygen species (ROS) are continuously generated during normal cellular metabolism and serve essential physiological functions in signal transduction, host defense, and metabolic regulation. Under physiological conditions, antioxidant defense systems—including superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase, thioredoxin systems, and numerous non-enzymatic antioxidants—maintain redox equilibrium by balancing ROS production and elimination. Disturbances of this balance may result in oxidative stress, leading to lipid peroxidation, protein oxidation, nucleic acid damage, mitochondrial dysfunction, inflammatory activation, and accelerated cellular aging.

Numerous laboratory studies have investigated whether anthropogenic electromagnetic exposure may alter oxidative balance within biological systems. Several experimental models have demonstrated increased concentrations of reactive oxygen species following exposure to selected electromagnetic frequencies, accompanied by reductions in endogenous antioxidant

enzyme activity and elevated biomarkers of oxidative damage. Mitochondria, as principal sources of intracellular reactive oxygen species, have attracted particular attention because electromagnetic exposure may theoretically influence mitochondrial membrane potential, electron transport chain efficiency, ATP synthesis, and oxidative phosphorylation. However, conflicting experimental findings remain common, and many studies report no significant alterations under comparable exposure conditions. These inconsistencies highlight the importance of standardized exposure protocols, accurate dosimetry, and rigorous methodological quality.

Inflammatory signaling constitutes another important mechanistic pathway receiving increasing scientific attention. Inflammation represents a tightly regulated biological response that protects tissues against injury, infection, and environmental stress while facilitating repair and regeneration. Chronic dysregulation of inflammatory pathways contributes to the pathogenesis of cardiovascular disease, neurodegenerative disorders, autoimmune diseases, metabolic syndrome, cancer, and numerous chronic inflammatory conditions. Experimental investigations have explored whether electromagnetic exposure influences cytokine production, activation of nuclear factor-kappa B (NF- κ B), inflammasome signaling, cyclooxygenase activity, prostaglandin synthesis, and leukocyte function. Some studies have demonstrated modest increases in pro-inflammatory mediators, whereas others report anti-inflammatory responses or no measurable biological effect. Consequently, the relationship between electromagnetic exposure and inflammatory regulation remains incompletely understood.

At the molecular level, growing interest has focused on the potential influence of electromagnetic fields on gene expression and epigenetic regulation. Modern genomic technologies have enabled investigators to examine thousands of genes simultaneously following experimental electromagnetic exposure. Reported alterations include differential expression of genes involved in oxidative stress responses, DNA repair, apoptosis, heat shock proteins, immune regulation, circadian rhythm, neuronal development, and metabolic homeostasis. Epigenetic mechanisms—including DNA methylation, histone modification, chromatin remodeling, and non-coding RNA regulation—have similarly become important research priorities because these processes regulate long-term cellular adaptation without altering nucleotide sequence. Although preliminary findings suggest possible epigenetic modulation under selected experimental conditions, reproducibility remains limited, emphasizing the need for larger, standardized investigations employing advanced genomic methodologies.

DNA integrity has historically represented one of the most controversial aspects of electromagnetic health research. Ionizing radiation directly damages DNA through high-energy interactions capable of inducing strand breaks, chromosomal aberrations, and mutagenesis. In contrast, non-ionizing electromagnetic radiation lacks sufficient photon energy to directly disrupt covalent chemical bonds. Nevertheless, investigators have explored whether indirect mechanisms—particularly oxidative stress-mediated pathways—could contribute to genomic instability, impaired DNA repair, micronucleus formation, or chromosomal alterations. While some experimental studies have identified modest increases in biomarkers of DNA damage following specific electromagnetic exposures, comprehensive systematic reviews generally conclude that available evidence remains inconsistent and insufficient to establish a direct genotoxic mechanism under exposure conditions below established international safety limits. Neuroscience has become one of the most active disciplines investigating potential biological effects of anthropogenic electromagnetic fields because the nervous system depends fundamentally upon electrical signaling. Neurons communicate through precisely coordinated action potentials, synaptic transmission, neurotransmitter release, and electrical network synchronization. Consequently, researchers have explored whether electromagnetic exposure influences neuronal excitability, synaptic plasticity, neurotransmitter metabolism, cerebral

blood flow, electroencephalographic activity, cognitive performance, learning, memory, sleep regulation, emotional processing, and neurodevelopment.

Experimental studies have reported variable effects on neurotransmitter systems including glutamate, gamma-aminobutyric acid (GABA), dopamine, serotonin, acetylcholine, and norepinephrine. Investigations involving electroencephalography have occasionally demonstrated subtle alterations in brain electrical activity during or following radiofrequency exposure, particularly during sleep. Some studies have suggested minor modifications in sleep spindle activity, rapid eye movement sleep architecture, or electroencephalographic oscillations, whereas others have reported no significant neurophysiological effects. Clinical significance remains uncertain because observed changes are generally small and have not consistently translated into measurable neurological impairment.

Cognitive neuroscience investigations have similarly produced heterogeneous findings. Researchers have evaluated potential effects of electromagnetic exposure on attention, executive function, working memory, reaction time, learning capacity, information processing speed, and psychomotor performance. Although isolated studies have reported transient alterations in selected cognitive parameters, large systematic reviews have generally concluded that evidence remains insufficient to demonstrate persistent adverse cognitive consequences associated with everyday environmental exposure. Differences in study design, participant characteristics, exposure duration, and neuropsychological testing methodologies contribute substantially to observed variability.

Another emerging area of investigation concerns the potential influence of electromagnetic exposure on the blood-brain barrier (BBB). The BBB serves as a highly specialized physiological interface regulating transport between systemic circulation and the central nervous system while protecting neural tissues from potentially harmful substances. Experimental animal studies have produced conflicting observations regarding whether electromagnetic fields transiently modify BBB permeability under certain exposure conditions. While several investigations have reported increased permeability or altered tight-junction protein expression, many independent studies have failed to reproduce these findings using standardized methodologies. Consequently, current evidence does not support definitive conclusions regarding clinically relevant BBB disruption following environmental electromagnetic exposure.

Endocrine physiology has also attracted increasing research attention because hormonal regulation integrates multiple physiological systems essential for metabolism, reproduction, growth, circadian rhythm, stress adaptation, and immune function. Investigators have evaluated potential electromagnetic effects on melatonin secretion, cortisol regulation, thyroid hormones, reproductive hormones, insulin sensitivity, and hypothalamic-pituitary axis function. Melatonin has received particular interest because of its antioxidant properties and central role in circadian rhythm regulation. Several studies have proposed that electromagnetic exposure may influence nocturnal melatonin secretion, potentially affecting sleep quality and oxidative homeostasis. However, epidemiological evidence remains inconsistent, and systematic reviews have not demonstrated robust, reproducible endocrine alterations attributable to typical environmental exposure levels.

Reproductive biology represents another important field of investigation because laboratory studies have examined possible effects of electromagnetic exposure on spermatogenesis, sperm motility, ovarian physiology, embryonic development, placental function, and fetal growth. Experimental findings remain heterogeneous, with some animal and in vitro investigations reporting alterations in reproductive biomarkers, whereas well-designed human studies generally provide limited or inconsistent evidence for clinically meaningful reproductive impairment. Continued investigation remains warranted because reproductive health represents a particularly sensitive area of environmental risk assessment.

Collectively, contemporary mechanistic research demonstrates that biological systems are capable of responding to electromagnetic stimuli through multiple interconnected molecular pathways involving oxidative balance, calcium signaling, inflammatory regulation, mitochondrial physiology, genomic activity, neuroendocrine communication, and cellular stress responses. Nevertheless, the translation of these laboratory observations into clinically significant human health outcomes remains one of the greatest challenges confronting modern bioelectromagnetic research. The complexity of biological adaptation, variability among experimental models, differences in exposure characteristics, and limitations of current methodologies underscore the necessity for interdisciplinary investigation integrating molecular biology, clinical medicine, epidemiology, toxicology, computational science, and systems physiology.

Advances in precision medicine, artificial intelligence-assisted biological modeling, high-throughput omics technologies, digital exposure assessment, and systems biology are expected to substantially improve future understanding of electromagnetic bioeffects. These innovative approaches offer unprecedented opportunities to identify sensitive biomarkers, characterize individual susceptibility, and clarify exposure-response relationships while supporting evidence-based public health recommendations. Accordingly, the next phase of bioelectromagnetic research will require increasingly collaborative international efforts aimed at generating reproducible, mechanistically informed, and clinically relevant evidence capable of guiding both technological innovation and human health protection.

The evaluation of potential health effects associated with anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) extends beyond mechanistic laboratory investigations to encompass epidemiological research, clinical observations, environmental exposure assessment, and evidence-based public health policy. Although experimental studies provide valuable insight into molecular and cellular interactions, the ultimate determination of human health risk depends upon well-designed epidemiological investigations capable of identifying consistent associations between real-world electromagnetic exposure and clinically significant disease outcomes. Consequently, the integration of mechanistic biology with observational epidemiology represents a fundamental principle of modern environmental health research.

During the past four decades, numerous epidemiological investigations have examined possible relationships between chronic electromagnetic field exposure and a wide spectrum of acute and chronic health outcomes. These studies have evaluated residential proximity to high-voltage electrical transmission systems, occupational exposure among electrical utility workers and telecommunications personnel, radiofrequency exposure associated with mobile telephone use, wireless communication infrastructure, broadcasting equipment, military radar systems, and numerous occupational environments characterized by increased electromagnetic exposure. Health outcomes investigated have included neurological disorders, neurodegenerative diseases, cardiovascular disease, reproductive health, endocrine dysfunction, sleep disturbances, cognitive performance, psychiatric symptoms, immune-mediated disorders, developmental outcomes, and various forms of cancer.

One of the earliest scientific concerns involved the possible relationship between extremely low-frequency electromagnetic fields and childhood leukemia. Several epidemiological studies reported weak statistical associations between residential exposure to high magnetic field levels and increased leukemia incidence among children. These observations stimulated extensive international research involving pooled analyses, meta-analyses, exposure reconstruction, and biological investigations. Although some statistical associations have remained observable in selected datasets, causal interpretation continues to be limited by potential confounding factors, exposure misclassification, relatively small numbers of highly exposed individuals, and the absence of a clearly established biological mechanism. Consequently, interpretation of these findings remains cautious within the scientific community.

Radiofrequency electromagnetic fields generated by mobile communication technologies have also received considerable international attention. Since billions of individuals worldwide routinely use mobile telephones and wireless communication devices, even relatively small health risks would possess important public health implications. Large multinational epidemiological investigations have therefore examined potential associations between long-term mobile phone use and tumors of the brain, auditory nerve, salivary glands, and other tissues located near typical exposure sites. While several case-control investigations have suggested possible increases in risk among subgroups reporting exceptionally prolonged or intensive mobile phone use, the majority of large prospective cohort studies have not demonstrated consistent evidence supporting substantial increases in cancer incidence attributable to typical patterns of mobile communication use. Nevertheless, because many cancers require prolonged latency periods, continued long-term surveillance remains scientifically justified.

The International Agency for Research on Cancer (IARC) has played a central role in evaluating carcinogenic potential associated with electromagnetic field exposure. Following comprehensive review of available scientific evidence, radiofrequency electromagnetic fields were classified as Group 2B ("possibly carcinogenic to humans"), reflecting limited evidence in humans and less-than-sufficient evidence in experimental animal studies. Importantly, this classification indicates scientific uncertainty rather than confirmation of causality. Numerous environmental and occupational agents are similarly classified when available evidence suggests possible—but not definitive—carcinogenic potential. Consequently, the IARC classification has encouraged continued scientific investigation while emphasizing the necessity for careful interpretation of existing epidemiological findings.

Research concerning neurological and neurodegenerative disorders has similarly expanded during recent decades. Alzheimer's disease, Parkinson's disease, amyotrophic lateral sclerosis, multiple sclerosis, epilepsy, migraine disorders, and chronic headaches have all been investigated as potential outcomes associated with prolonged electromagnetic exposure. Experimental observations suggesting possible influences on oxidative stress, neuroinflammation, mitochondrial function, calcium signaling, and neurotransmitter regulation have provided biological hypotheses for these investigations. However, epidemiological evidence remains inconsistent, with most systematic reviews concluding that currently available studies do not provide convincing evidence of causal relationships between routine environmental electromagnetic exposure and major neurological diseases. Continued improvements in exposure assessment, biomarker development, and longitudinal follow-up are expected to strengthen future investigations.

Sleep quality represents another area receiving increasing scientific attention because electromagnetic exposure frequently occurs during evening and nighttime hours through mobile devices, wireless networks, smart home technologies, and numerous electronic appliances. Sleep plays a fundamental role in immune regulation, cognitive performance, endocrine function, cardiovascular health, emotional well-being, and metabolic homeostasis. Several investigations have explored whether radiofrequency exposure influences sleep architecture, melatonin secretion, electroencephalographic activity, sleep latency, or subjective sleep quality. Although selected experimental studies have reported subtle modifications in electrophysiological sleep parameters, large clinical investigations generally indicate that clinically significant adverse effects remain inconsistent and relatively small. Importantly, behavioral factors—including prolonged screen time, blue light exposure, psychological stress, and excessive digital engagement—may contribute more substantially to sleep disturbances than electromagnetic exposure itself, highlighting the importance of distinguishing electromagnetic effects from associated lifestyle factors.

A particularly controversial topic within environmental medicine concerns Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS), sometimes referred to as Idiopathic Environmental

Intolerance attributed to Electromagnetic Fields (IEI-EMF). Individuals reporting EHS describe a wide variety of symptoms—including headaches, dizziness, fatigue, impaired concentration, memory difficulties, insomnia, tinnitus, skin irritation, visual disturbances, palpitations, anxiety, nausea, musculoskeletal discomfort, and generalized weakness—which they attribute to exposure from wireless communication devices, electrical installations, mobile phone base stations, Wi-Fi systems, or other anthropogenic electromagnetic sources. For many affected individuals, these symptoms significantly reduce quality of life, occupational productivity, and psychosocial functioning.

Despite the genuine nature of reported symptoms, establishing a direct causal relationship between electromagnetic exposure and symptom development has proven scientifically challenging. Double-blind provocation studies—considered among the most rigorous approaches for evaluating causal associations—have generally demonstrated that individuals reporting EHS are unable to consistently distinguish active electromagnetic exposure from sham exposure under controlled laboratory conditions. In many investigations, symptoms occurred with similar frequency regardless of whether actual electromagnetic fields were present. These findings have led many investigators to conclude that symptom generation may involve complex interactions among physiological sensitivity, psychological factors, environmental perception, stress responses, expectation effects, autonomic nervous system regulation, and individual susceptibility rather than direct electromagnetic exposure alone.

However, recognition that controlled provocation studies have not consistently demonstrated causal electromagnetic effects should not diminish the clinical importance of individuals experiencing persistent symptoms. Contemporary medicine increasingly recognizes that complex chronic conditions frequently involve multidimensional interactions among biological, psychological, neurological, environmental, and social determinants of health. Consequently, management of individuals reporting electromagnetic hypersensitivity should remain patient-centered, evidence-based, and multidisciplinary, emphasizing comprehensive clinical evaluation, exclusion of alternative medical conditions, supportive management strategies, psychological well-being, environmental assessment where appropriate, and individualized therapeutic interventions.

International organizations have developed evidence-based exposure guidelines intended to protect both occupationally exposed workers and the general public. The World Health Organization (WHO) has coordinated extensive international research programs addressing electromagnetic fields and public health. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) periodically updates scientifically derived exposure recommendations based primarily upon established adverse health effects supported by high-quality evidence. Similarly, the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) and numerous national regulatory authorities have established exposure standards designed to prevent recognized biological hazards associated with electromagnetic radiation. Current international guidelines primarily focus on preventing excessive tissue heating and peripheral nerve stimulation while incorporating substantial safety margins to protect diverse populations. The introduction of fifth-generation (5G) wireless communication technologies has renewed scientific and public interest regarding electromagnetic safety. Compared with earlier communication systems, 5G networks employ advanced beamforming technologies, higher-frequency spectrum allocation, increased antenna density, and sophisticated signal modulation techniques to improve communication efficiency and network capacity. Although these technological innovations have generated considerable public concern, current scientific evidence indicates that environmental exposure associated with properly regulated 5G infrastructure generally remains well below internationally recommended exposure limits. Nevertheless, continued monitoring, exposure characterization, dosimetric refinement, and

epidemiological surveillance remain essential as communication technologies continue to evolve toward future sixth-generation systems.

An important challenge confronting contemporary bioelectromagnetic research is the substantial heterogeneity observed across published studies. Differences in exposure frequency, modulation characteristics, intensity, duration, polarization, biological model selection, dosimetric accuracy, laboratory methodology, statistical power, participant characteristics, and clinical outcome assessment contribute significantly to inconsistent findings. Standardization of experimental protocols has therefore become a major international research priority. Harmonized methodologies would improve reproducibility, facilitate meta-analysis, strengthen causal inference, and enhance translation of laboratory discoveries into clinical and public health applications.

Emerging scientific disciplines are expected to substantially transform future electromagnetic health research. Systems biology, computational toxicology, exposomics, precision environmental health, machine learning, artificial intelligence, digital epidemiology, wearable biosensors, and high-throughput multi-omics technologies provide unprecedented opportunities for investigating complex interactions between environmental electromagnetic exposure and biological systems. Integration of genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, epigenomics, microbiome science, and advanced bioinformatics may facilitate identification of sensitive biomarkers capable of objectively characterizing exposure-related biological responses while improving understanding of interindividual variability and susceptibility.

From a public health perspective, effective communication of electromagnetic health risks requires balanced interpretation of scientific evidence. Exaggeration of unconfirmed risks may contribute to unnecessary public anxiety, whereas dismissal of legitimate scientific uncertainty may undermine public confidence in regulatory institutions. Evidence-based risk communication should therefore emphasize transparency, scientific integrity, methodological rigor, and continuous evaluation of emerging research findings. Public health policies should remain adaptive, incorporating new scientific evidence as knowledge evolves while ensuring that technological innovation proceeds responsibly and sustainably.

The present review was undertaken in response to the continuing expansion of anthropogenic electromagnetic exposure throughout modern society and the persistent scientific questions surrounding its biological significance. By integrating contemporary evidence from molecular biology, bioelectromagnetics, neuroscience, toxicology, epidemiology, clinical medicine, environmental health, and public health policy, this review seeks to provide a comprehensive and balanced synthesis of current scientific knowledge. Particular emphasis is placed on molecular mechanisms, cellular signaling pathways, physiological responses, oxidative stress, inflammatory regulation, neurobiological effects, epidemiological evidence, electromagnetic hypersensitivity syndrome, international safety guidelines, and emerging research directions.

An advancing scientific understanding of anthropogenic electromagnetic fields requires rigorous interdisciplinary collaboration, standardized experimental methodologies, transparent reporting, long-term prospective investigations, and continuous dialogue among biomedical researchers, clinicians, engineers, physicists, epidemiologists, toxicologists, regulatory authorities, and public health professionals. Such collaborative efforts will strengthen the evidence base necessary to protect human health while supporting the continued development of innovative technologies that increasingly define contemporary society.

Anthropogenic electromagnetic fields (EMFs), particularly those emitted by wireless communication devices and power infrastructure, have become ubiquitous in modern society, raising significant concerns about their potential health effects. This review examines the biological impact of electromagnetic frequencies on human health at molecular, cellular, and physiological levels, with particular emphasis on non-thermal effects occurring at exposure levels below current safety guidelines. Evidence from over 200 peer-reviewed studies

demonstrates that polarized and coherent electromagnetic radiation, especially when modulated by extremely low frequencies (ELF), can trigger voltage-gated ion channel (VGIC) dysfunction in cell membranes, leading to calcium dysregulation and subsequent oxidative stress through reactive oxygen species (ROS) overproduction. This cascade of molecular events results in DNA damage, mitochondrial dysfunction, cellular senescence, and apoptosis. Epidemiological studies link chronic EMF exposure to increased cancer risk, reproductive dysfunction, neurological disorders, and a condition known as electromagnetic hypersensitivity (EHS), affecting an estimated 3-10% of the population in developed countries. Individuals with EHS experience debilitating symptoms including headaches, fatigue, cognitive impairment, and autonomic dysfunction when exposed to electromagnetic radiation. A subset of severely affected individuals has resorted to living in electromagnetically shielded housing or "Faraday cage" structures to mitigate exposure. The primary molecular mechanism involves EMF-induced activation of voltage-gated calcium channels (VGCCs), triggering intracellular calcium influx that activates NADPH oxidase, mitochondrial electron transport chain disruption, and nitric oxide synthase, collectively producing superoxide anions and nitric oxide that combine to form highly reactive peroxynitrite and hydroxyl radicals. These reactive species cause direct DNA strand breaks, lipid peroxidation, and protein oxidation. From a medical perspective, while EHS is not universally recognized as a formal diagnosis, clinical evidence demonstrates objective biomarkers including elevated oxidative stress markers in approximately 80% of EHS patients. This review synthesizes current understanding of EMF bioeffects across biological scales, discusses the controversy surrounding EHS diagnosis and treatment, and highlights the urgent need for revised exposure guidelines that account for non-thermal biological effects, particularly given the ongoing global deployment of 5G technology and increasing ambient electromagnetic radiation levels.

The exponential growth of wireless communication technologies and electrical power infrastructure over the past three decades has resulted in an unprecedented increase in human exposure to anthropogenic electromagnetic fields (EMFs). Unlike natural electromagnetic radiation, man-made EMFs possess unique physical properties—full polarization, coherence, and modulation by extremely low frequencies (ELF)—that render them significantly more bioactive than their natural counterparts. Modern wireless communication systems, including mobile phones, Wi-Fi routers, cellular base stations, and the emerging 5G networks, emit radiofrequency (RF) radiation modulated by ELF signals, creating complex, pulsed electromagnetic exposures that pervade residential, occupational, and public environments.

The scientific community has engaged in extensive debate regarding the potential health consequences of chronic low-level EMF exposure. Current exposure guidelines established by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) are designed primarily to prevent acute thermal effects—tissue heating caused by energy absorption at high exposure levels. However, a substantial and growing body of experimental and epidemiological evidence indicates that non-thermal biological effects occur at exposure levels orders of magnitude below these thermal thresholds. These non-thermal effects encompass a wide spectrum of adverse biological outcomes, including oxidative stress, DNA damage, altered gene expression, disrupted calcium homeostasis, mitochondrial dysfunction, and increased cancer risk.

The International Agency for Research on Cancer (IARC), a specialized agency of the World Health Organization, classified both ELF magnetic fields (in 2002) and radiofrequency electromagnetic fields (in 2011) as "possibly carcinogenic to humans" (Group 2B) based on epidemiological evidence linking these exposures to childhood leukemia and brain tumors, respectively. Subsequent research has strengthened this evidence base, leading numerous scientists to advocate for reclassification to Group 2A (probably carcinogenic) or Group 1 (carcinogenic) categories.

Beyond cancer risk, chronic EMF exposure has been associated with reproductive dysfunction across multiple species. Studies spanning fruit flies, birds, rodents, and humans have documented remarkably consistent effects: decreased sperm quality and motility, reduced fertility, developmental abnormalities, and embryonic mortality following EMF exposure. These reproductive effects have raised concerns about potential long-term impacts on population health and wildlife conservation, particularly given documented declines in insect and bird populations coinciding with the proliferation of wireless infrastructure.

A particularly controversial aspect of EMF bioeffects involves electromagnetic hypersensitivity (EHS), a condition characterized by non-specific symptoms that individuals attribute to electromagnetic field exposure. Affected individuals report experiencing headaches, fatigue, cognitive difficulties, sleep disturbances, skin sensations, and various other symptoms in proximity to EMF sources, with symptom severity ranging from mild discomfort to complete functional disability. Prevalence estimates for EHS vary widely, ranging from 1.5% to 13.3% across different populations, with approximately 3-10% of individuals in developed nations reporting some degree of electromagnetic sensitivity.

The medical establishment remains divided regarding EHS recognition and etiology. While the World Health Organization maintains that EHS is not a recognized medical diagnosis and questions the causal relationship between symptoms and EMF exposure, clinical researchers have identified objective biomarkers in EHS patients, including elevated oxidative stress markers, neuroinflammatory indicators, and autonomic nervous system dysfunction. Some severely affected individuals have resorted to extreme measures to reduce exposure, including relocating to rural areas with minimal wireless infrastructure or constructing electromagnetically shielded living spaces—essentially Faraday cages—to create EMF-free sanctuaries.

Understanding the biological mechanisms underlying EMF effects has become critical for evidence-based policy development and clinical management of potentially affected individuals. Recent research has converged on voltage-gated ion channels, particularly voltage-gated calcium channels (VGCCs), as primary molecular targets mediating non-thermal EMF bio effects. The VGCC activation hypothesis provides a unified mechanistic framework explaining diverse EMF-induced biological responses across multiple cell types and organ systems. This mechanism posits that weak electromagnetic fields activate VGCCs through direct effects on their voltage sensors, initiating calcium influx that triggers downstream signaling cascades involving reactive oxygen species production, oxidative stress, and ultimately cellular damage.

This review synthesizes current scientific understanding of EMF biological effects across molecular, cellular, physiological, and clinical scales. We examine the molecular mechanisms by which non-ionizing electromagnetic radiation induces biological responses, evaluate evidence for various health outcomes associated with chronic exposure, explore the controversial phenomenon of electromagnetic hypersensitivity including the rationale and efficacy of electromagnetic shielding, and discuss implications for public health policy, medical practice, and future research directions. Given the ongoing global deployment of 5G technology and Internet of Things devices, which will further increase ambient electromagnetic radiation levels, clarifying these issues has become an urgent public health priority.

MOLECULAR MECHANISMS OF EMF BIOLOGICAL EFFECTS

The biological activity of anthropogenic electromagnetic fields at non-thermal exposure levels has been elucidated through identification of specific molecular targets and downstream signaling pathways. Unlike ionizing radiation, which possesses sufficient photon energy to directly break chemical bonds, non-ionizing EMFs (frequencies below 3×10^{11} Hz) lack the energy for direct ionization of biological molecules. Nevertheless, extensive experimental

evidence demonstrates that these fields induce significant biological effects through indirect mechanisms, primarily involving voltage-gated ion channels as primary sensors and reactive oxygen species as downstream effectors.

Voltage-gated ion channels (VGICs) represent the most sensitive electromagnetic sensors in biological systems. These transmembrane proteins regulate ion flux across cell membranes in response to voltage changes, controlling cellular excitability, signal transduction, and metabolic processes. Each VGIC contains voltage sensor domains consisting of positively charged amino acids (lysine and arginine residues) arranged in α -helical structures (S4 segments) that respond to electric field changes across the membrane. Under physiological conditions, VGICs transition between open and closed states in response to membrane voltage changes of approximately 30-100 mV. The unique physical properties of anthropogenic EMFs—particularly their complete polarization and coherence combined with low-frequency modulation—enable these fields to exert forces on the charged voltage sensors even at weak field intensities, inducing irregular channel gating and disrupting normal ion homeostasis.

Among VGICs, voltage-gated calcium channels (VGCCs) have been identified as particularly critical mediators of EMF bioeffects. The synthesized evidence from 23 studies demonstrating that VGCC blockers (pharmaceutical agents that inhibit calcium channel function) prevented or substantially reduced EMF-induced biological effects across diverse experimental systems. This pharmacological evidence strongly implicates VGCCs as primary transducers converting electromagnetic energy into biological responses. The molecular basis for VGCC sensitivity involves the high density of charged residues in voltage sensors and the strategic positioning of calcium binding sites near the channel pore. EMF exposure causes irregular VGCC activation, resulting in excessive calcium influx that disrupts intracellular calcium homeostasis—a fundamental regulatory mechanism affecting virtually all cellular processes.

Calcium dysregulation triggered by VGCC activation initiates a cascade of pathological events. Elevated cytosolic calcium activates multiple calcium-dependent enzymes that generate reactive oxygen species (ROS). NADPH oxidase (NOX), a plasma membrane enzyme complex, represents a major ROS source activated by calcium. NOX catalyzes electron transfer from NADPH to molecular oxygen, producing superoxide anion radicals ($O_2^{\bullet-}$). The activity of NOX is intimately linked to calcium concentration through calcium-binding regulatory subunits and through its proton channel component (gp91phox), which itself functions as a voltage-gated channel. The demonstrated rapid ROS production by NADPH oxidase within minutes of mobile phone EMF exposure in cultured cells, establishing NOX as an early responder to electromagnetic stimulation.

Mitochondria constitute another major source of calcium-dependent ROS production. These organelles serve as cellular powerhouses, generating ATP through oxidative phosphorylation in the electron transport chain (ETC) located in the inner mitochondrial membrane. Physiological calcium levels stimulate mitochondrial metabolism and ATP production. However, excessive calcium accumulation in mitochondria disrupts ETC function, causing electron leakage from Complexes I and III. These leaked electrons react with molecular oxygen to form superoxide radicals. Were documented that RF-EMF exposure induces mitochondrial ROS production in spermatozoa, with electron leakage specifically traced to Complex III using pharmacological inhibitors. The mitochondrial contribution to total cellular ROS may reach 50-90% under normal conditions, but EMF-induced calcium overload can dramatically amplify this production, overwhelming antioxidant defenses.

Nitric oxide synthase (NOS) enzymes represent a third calcium-dependent source of reactive species. These enzymes synthesize nitric oxide radicals ($NO^{\bullet}$) from L-arginine in a calcium/calmodulin-dependent manner. Three NOS isoforms exist: neuronal NOS (nNOS),

endothelial NOS (eNOS), and inducible NOS (iNOS). The constitutive forms (nNOS and eNOS) are directly activated by elevated intracellular calcium.

OXIDATIVE STRESS AND DNA DAMAGE PATHWAYS

The superoxide anions and nitric oxide radicals generated through calcium-dependent mechanisms represent initial reactive oxygen species that undergo subsequent chemical transformations to produce even more damaging oxidants. These secondary reactions amplify the oxidative insult and create species capable of damaging critical cellular macromolecules, particularly DNA. The conducted a systematic review of 100 peer-reviewed studies examining oxidative effects of RF-EMF exposure and found that 93% reported statistically significant increases in oxidative stress markers across diverse biological systems including human cells, animal tissues, and plant materials. An updated analysis by Yakymenko and Tsibulin in 2022 expanded this dataset to 131 studies on RF-EMF and 39 studies on ELF-EMF, finding that 95% and 92% respectively confirmed oxidative effects, establishing oxidative stress as the most consistently documented biological consequence of EMF exposure.

The interaction between superoxide and nitric oxide occurs with near diffusion-limited kinetics, rapidly producing peroxynitrite (ONOO^-), a potent non-radical oxidant. This reaction proceeds spontaneously: $\text{O}_2^{\bullet-} + \text{NO}^{\bullet} \rightarrow \text{ONOO}^-$. Peroxynitrite possesses exceptional reactivity toward biological molecules, readily crossing cellular membranes to reach nuclear DNA. Studies have demonstrated that peroxynitrite induces DNA single-strand breaks, base modifications (particularly oxidation of guanine to 8-oxoguanine), and sugar damage in the deoxyribose backbone. Were noted, that calcium channel blockers and NOS inhibitors both prevent EMF-induced DNA damage, confirming the mechanistic pathway: $\text{EMF} \rightarrow \text{VGCC activation} \rightarrow \text{calcium influx} \rightarrow \text{NOS activation} \rightarrow \text{NO}^{\bullet} \text{ production} \rightarrow \text{peroxynitrite formation} \rightarrow \text{DNA damage}$. Additionally, peroxynitrite readily decomposes in the presence of protons to form hydroxyl radicals ($\text{OH}^{\bullet}$) and nitrogen dioxide radicals, further amplifying oxidative damage potential.

Hydroxyl radicals represent the most reactive and destructive ROS in biological systems. These are generated through multiple pathways following EMF exposure. Superoxide anions undergo enzymatic conversion to hydrogen peroxide (H_2O_2) by superoxide dismutase: $2\text{O}_2^{\bullet-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$. While hydrogen peroxide itself exhibits moderate reactivity, it serves as a precursor to hydroxyl radical formation through the Fenton reaction, catalyzed by ferrous iron: $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^{\bullet} + \text{OH}^-$. Alternatively, the Haber-Weiss reaction couples superoxide and hydrogen peroxide to generate hydroxyl radicals: $\text{O}_2^{\bullet-} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{OH}^{\bullet} + \text{OH}^- + \text{O}_2$. The hydroxyl radical exhibits such extreme reactivity (diffusion-limited reaction rates with most organic molecules) that it attacks the first molecule encountered, with a half-life measured in nanoseconds within the cellular milieu.

The genotoxic effects of hydroxyl radicals on DNA are well-characterized. These radicals' abstract hydrogen atoms from deoxyribose sugars in the DNA backbone, initiating strand breaks. The phosphodiester bonds linking consecutive nucleotides are cleaved through radical-mediated reactions, producing single-strand breaks. When breaks occur simultaneously on complementary strands in close proximity, double-strand breaks result—the most severe form of DNA damage that frequently leads to chromosomal aberrations, mutations, or cell death if unrepaired. The reviewed 207 laboratory studies examining genotoxic effects of ELF or RF-EMF exposure and found that 144 studies (69.6%) reported statistically significant DNA damage, including strand breaks, micronucleus formation, chromosomal aberrations, and increased mutation rates.

The biological consequences of EMF-induced oxidative stress extend beyond direct DNA damage. Lipid peroxidation, initiated by ROS attack on polyunsaturated fatty acids in cellular membranes, compromises membrane integrity and generates reactive aldehyde

byproducts that form DNA adducts. Protein oxidation modifies amino acid residues, altering enzyme activities and structural protein functions. Oxidative damage to mitochondrial DNA is particularly problematic because mitochondria lack the sophisticated DNA repair mechanisms present in the nucleus and because mitochondrial DNA exists in close proximity to the electron transport chain where ROS are generated. Cumulative oxidative damage triggers cellular responses including cell cycle arrest, senescence (permanent proliferative arrest), and apoptosis (programmed cell death). In long-lived organisms, persistent sub-lethal oxidative stress may promote cellular transformation and carcinogenesis through accumulation of mutations in critical genes regulating cell growth and differentiation.

PHYSIOLOGICAL AND HEALTH EFFECTS ACROSS ORGAN SYSTEMS

The molecular mechanisms of EMF bioactivity—VGCC activation, calcium dysregulation, and oxidative stress—manifest as diverse physiological effects across multiple organ systems. The universality of these effects stems from the fundamental similarities in cellular structure and function across all tissues. All mammalian cells possess voltage-gated ion channels, mitochondria, and vulnerability to oxidative damage, explaining why EMF effects observed in laboratory animals reliably predict potential human health consequences. Epidemiological studies have increasingly linked chronic EMF exposure to various pathologies, though establishing definitive causation remains challenging due to ubiquitous exposure in modern environments and long latency periods for chronic diseases.

Reproductive toxicity represents one of the most consistently documented EMF effects across species. Multiple independent studies spanning diverse organisms have reported remarkably concordant findings: decreased fertility, impaired gamete function, and developmental abnormalities following EMF exposure. In males, RF-EMF exposure reduces sperm count, motility, and viability while increasing morphological abnormalities and DNA fragmentation. In 2016 were documented that mobile phone radiation induces oxidative stress in human spermatozoa, with electron leakage from mitochondrial Complex III generating superoxide radicals that damage both mitochondrial and nuclear DNA. Similar effects have been observed in rodent studies, where chronic EMF exposure reduces testosterone levels, causes testicular histopathological changes, and decreases reproductive success. In females, EMF exposure affects ovarian function, oocyte quality, and embryonic development. Studies in fruit flies demonstrated that mobile phone radiation causes DNA damage in ovarian cells and significantly reduces egg-laying rates. Avian studies found that eggs exposed to RF-EMF from mobile phone base stations showed reduced hatchability and increased embryonic mortality, with histological evidence of DNA damage in embryonic tissues. These reproductive effects across taxonomically diverse species suggest a conserved mechanism operating at the cellular level, consistent with the oxidative stress hypothesis.

Neurological effects of EMF exposure have garnered particular attention given the widespread use of mobile phones positioned near the brain. The nervous system exhibits heightened vulnerability to EMF effects for several reasons: neurons possess abundant VGCCs critical for synaptic transmission, neural tissue has high metabolic demands requiring extensive mitochondrial activity (thus high basal ROS production), and the blood-brain barrier may be disrupted by RF-EMF exposure, potentially allowing entry of neurotoxic substances. Epidemiological studies have linked mobile phone use to increased risk of gliomas and acoustic neuromas, with risk elevation greatest among individuals with longest cumulative use and those beginning use before age 20. The IARC classification of RF-EMF as possibly carcinogenic was based primarily on this brain tumor evidence. Animal carcinogenicity studies have supported these findings: the U.S. National Toxicology Program conducted a large-scale chronic exposure study and observed statistically significant increases in malignant schwannomas of the heart and gliomas of the brain in rats exposed to 2G and 3G mobile phone radiation, even at exposure

levels below regulatory limits. Importantly, these tumors occurred in conjunction with increased DNA damage in brain tissue, supporting the genotoxic mechanism. Beyond cancer, RF-EMF exposure has been associated with neurophysiological changes including altered electroencephalogram patterns, disrupted sleep architecture, cognitive performance decrements, and neurobehavioral effects in both human and animal studies.

Cardiovascular effects have been reported in both epidemiological and experimental investigations. Heart rate variability, a measure of autonomic nervous system function, shows alterations during and following EMF exposure in some studies. Blood pressure changes and cardiac arrhythmias have been documented in sensitive individuals. The cardiovascular system's dependence on calcium-mediated electrical conduction makes it theoretically susceptible to VGCC-mediated EMF effects. The occurrence of heart schwannomas in the NTP rodent study raised particular concern given the rarity of this tumor type.

ELECTROMAGNETIC HYPERSENSITIVITY: CLINICAL MANIFESTATIONS AND CONTROVERSY

Electromagnetic hypersensitivity (EHS), also termed electromagnetic intolerance or microwave syndrome, describes a condition wherein individuals experience reproducible symptoms in temporal proximity to electromagnetic field exposure. The symptom constellation is heterogeneous and non-specific, encompassing neurological manifestations (headaches, dizziness, cognitive dysfunction, concentration difficulties, memory impairment), dermatological symptoms (burning sensations, tingling, facial erythema), autonomic disturbances (heart palpitations, fatigue, sleep disruption), and sensory abnormalities (tinnitus, phonophobia, photophobia). Symptom onset typically occurs within minutes to hours of exposure, with resolution following removal from the electromagnetic environment, though some individuals report persistent symptoms requiring days of EMF avoidance for recovery.

Prevalence estimates for EHS vary considerably across populations and depend critically on case definition criteria. Self-reported electromagnetic sensitivity ranges from 1.5% in Japan to 13.3% in Taiwan, with most European studies estimating 3-5% prevalence. However, severe EHS causing significant functional impairment and lifestyle disruption affects approximately 0.5-1% of the population. EHS shows no clear demographic pattern, affecting both sexes across all age groups and socioeconomic strata, though occupational exposure histories are common among severely affected individuals. The condition typically develops gradually, with initial mild symptoms progressively intensifying and expanding to encompass multiple EMF sources. Many EHS patients report developing sensitivity initially to a specific source (e.g., mobile phone, Wi-Fi router) with subsequent generalization to diverse EMF frequencies and even other environmental exposures, suggesting involvement of sensitization mechanisms.

The medical establishment's response to EHS has been characterized by skepticism and controversy. The World Health Organization maintains that "EHS is not a medical diagnosis" and states that scientific studies have not demonstrated a causal relationship between EMF exposure and reported symptoms. This position derives largely from provocation studies employing double-blind, randomized controlled designs wherein participants are exposed to active or sham EMF sources while blinded to exposure status. Meta-analyses of these studies conclude that self-identified EHS individuals cannot reliably distinguish between active and sham exposures based on symptom provocation, suggesting that symptoms may result from nocebo effects (symptom generation based on expectation rather than actual exposure). However, critics of provocation studies note significant methodological limitations: laboratory exposures may not replicate real-world conditions, exposure durations are typically brief, and individual variation in sensitivity thresholds is not accommodated.

Despite controversy regarding subjective symptom-exposure correlations, objective biomarkers have been identified in EHS patients. The conducted biochemical and imaging studies on over 700 self-reporting EHS individuals and found that approximately 80% exhibited elevated markers of oxidative stress in peripheral blood, including increased levels of protein oxidation products and lipid peroxidation markers. Additionally, many EHS patients showed evidence of histamine release, inflammatory cytokine elevation, and heat shock protein expression—findings consistent with chronic stress responses. Brain imaging studies using pulsed Doppler ultrasonography revealed abnormal cerebral blood flow patterns in EHS patients, with temporal lobe hypoperfusion observed frequently. Some studies have reported opening of the blood-brain barrier and decreased melatonin levels in EHS individuals. These objective findings challenge purely psychogenic explanations and suggest underlying pathophysiological processes, though whether these represent cause or consequence of the condition remains debated.

Genetic susceptibility factors may explain individual variation in EMF sensitivity. Polymorphisms in genes encoding antioxidant enzymes (e.g., superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase) could influence capacity to neutralize EMF-induced ROS, rendering some individuals more vulnerable to oxidative damage. Similarly, genetic variations affecting VGCC structure or regulation, calcium buffering proteins, or DNA repair enzymes might modulate individual susceptibility. However, systematic genetic studies of EHS populations remain limited, representing an important research gap.

ELECTROMAGNETIC SHIELDING AND MEDICAL MANAGEMENT OF EHS

The absence of universally accepted medical treatments for electromagnetic hypersensitivity has led affected individuals to pursue various exposure reduction strategies, ranging from modest lifestyle modifications to radical environmental interventions. For severely affected individuals whose symptoms cause substantial disability, electromagnetic shielding represents a last-resort approach to creating habitable living spaces. This approach applies principles of electromagnetic physics—specifically Faraday cage technology—to construct environments with dramatically reduced electromagnetic field penetration. Understanding the rationale, implementation, and efficacy of electromagnetic shielding requires integration of physics, engineering, and clinical medicine perspectives.

A Faraday cage functions as an electromagnetic shield through redistribution of electric charges. When an external electromagnetic field encounters a conductive enclosure, mobile charges within the conductor (free electrons in metals) redistribute in response to the external field, creating an internal field that cancels the external field within the enclosed space. The effectiveness of electromagnetic shielding depends on several factors: electrical conductivity of shielding material, completeness of the conductive enclosure (avoiding gaps), grounding of the shield, and relationship between electromagnetic wavelength and shield geometry. For low-frequency electric fields (power line frequencies, 50-60 Hz), relatively simple grounded conductive barriers provide effective attenuation. However, radiofrequency and microwave shielding requires continuous conductive surfaces without apertures exceeding a fraction of the wavelength, making RF shielding substantially more complex. Properly designed and constructed electromagnetic shielding can achieve attenuation exceeding 60 dB (99.9% reduction) across broad frequency ranges.

Practical implementation of residential electromagnetic shielding involves multiple components. Wall, floor, and ceiling surfaces require integration of conductive materials—typically aluminum or copper mesh embedded within wall structures or conductive paint applied to interior surfaces. Windows represent particular challenges because glass is non-

conductive; solutions include metallic mesh screens or transparent conductive films that maintain visibility while blocking electromagnetic penetration. Electrical wiring must be shielded or filtered because power lines can serve as antennas conducting external EMF into shielded spaces. All conductive elements require connection to a common grounding system to prevent the shield itself from becoming energized. Ventilation systems need specialized waveguide filters that allow airflow while blocking electromagnetic transmission. The complexity and expense of comprehensive electromagnetic shielding limit its accessibility; reported costs for shielding existing homes range from thousands to tens of thousands of dollars depending on size and thoroughness.

Clinical efficacy of electromagnetic shielding for EHS symptom management has received limited systematic investigation. Case reports and patient testimonials describe substantial symptom improvement following relocation to shielded environments, with some individuals reporting complete symptom resolution after extended periods in low-EMF surroundings. However, these uncontrolled observations cannot distinguish between direct effects of reduced exposure and confounding factors including psychological expectation effects, lifestyle changes, and natural disease course variation. The few controlled studies available suggest heterogeneous responses, with some individuals showing objective improvement in biomarkers and subjective symptoms, while others demonstrate minimal benefit. This variability may reflect heterogeneity in EHS etiology, with electromagnetic fields representing the primary trigger in some cases while serving as one of multiple contributing factors in others.

Geographic relocation represents an alternative exposure reduction strategy employed by some severely affected individuals. The National Radio Quiet Zone surrounding Green Bank, West Virginia, established to protect radio astronomy facilities from interference, has attracted a small community of "Wi-Fi refugees" seeking environments with minimal artificial electromagnetic radiation. These individuals report that the absence of mobile phone towers, Wi-Fi networks, and other wireless infrastructure allows symptom management impossible in conventional urban or suburban settings. However, such relocation requires substantial personal sacrifice, including loss of employment, separation from family and social networks, and reduced access to medical services, highlighting the severe disability that EHS can impose on affected individuals.

BACKGROUND

Historical Evolution of Anthropogenic Electromagnetic Fields, Classification, Sources of Human Exposure, and Public Health Significance

Anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) have become one of the most pervasive environmental exposures associated with technological development during the twentieth and twenty-first centuries. The widespread generation, transmission, and application of electricity, together with rapid advances in wireless communication technologies, have fundamentally transformed the electromagnetic environment in which modern populations live, work, learn, and receive healthcare. Unlike naturally occurring electromagnetic phenomena originating from the Earth's magnetic field, solar radiation, lightning activity, and atmospheric electrical processes, anthropogenic EMFs are generated through human technological activities, including electrical power systems, telecommunications, industrial equipment, transportation networks, medical devices, consumer electronics, and digital communication infrastructure. The continuous expansion of these technologies has generated increasing scientific interest regarding their potential biological interactions and implications for human health.

The history of anthropogenic electromagnetic exposure began during the late nineteenth century with the development of electrical power generation and distribution systems. Following the pioneering discoveries of Michael Faraday, James Clerk Maxwell, Nikola Tesla, and Thomas

Edison, electricity rapidly became an essential component of industrialization and economic development. Electrical transmission networks expanded globally, introducing extremely low-frequency (ELF) electromagnetic fields into occupational and residential environments. Throughout the twentieth century, technological innovations—including radio broadcasting, television transmission, radar systems, microwave communication, satellite technology, mobile telecommunications, wireless internet, and digital electronics—progressively increased the diversity, intensity, and duration of environmental electromagnetic exposure.

The digital revolution has accelerated this transformation dramatically. Contemporary societies rely extensively on smartphones, tablets, laptop computers, wearable electronics, Wi-Fi networks, Bluetooth communication, cloud computing, artificial intelligence, smart homes, autonomous transportation, and the Internet of Things (IoT). These technologies have become indispensable for education, healthcare, commerce, scientific research, government administration, emergency response, financial systems, and global communication. As a consequence, nearly every individual experiences continuous exposure to multiple artificial electromagnetic sources throughout daily life.

Electromagnetic fields encompass a broad spectrum of frequencies extending from static electric and magnetic fields to extremely low-frequency fields, intermediate-frequency fields, radiofrequency radiation, microwaves, infrared radiation, visible light, ultraviolet radiation, X-rays, and gamma radiation. From a biomedical perspective, this spectrum is commonly divided into ionizing and non-ionizing radiation.

Ionizing radiation possesses sufficient photon energy to remove electrons from atoms, directly damaging DNA and increasing the risk of carcinogenesis. Examples include X-rays and gamma rays, whose biological hazards are well established and extensively regulated.

In contrast, non-ionizing electromagnetic radiation—including ELF fields, radiofrequency fields, microwaves, and visible light—does not possess sufficient photon energy to ionize biological molecules. Consequently, biological interactions occur primarily through mechanisms involving induced electrical currents, dielectric heating, membrane polarization, molecular oscillation, and other non-ionizing biophysical processes. The possibility that low-intensity non-ionizing fields may also influence biological systems through non-thermal mechanisms has become a major focus of contemporary scientific investigation.

Anthropogenic EMFs are generally classified according to frequency because frequency strongly influences physical behavior, tissue penetration, dosimetry, and biological interaction. Static fields (0 Hz) are generated by permanent magnets, direct current systems, magnetic resonance imaging equipment, and transportation technologies. Extremely low-frequency fields (0–300 Hz) arise primarily from electrical power generation, transmission lines, transformers, household electrical appliances, railway systems, and industrial equipment operating at 50 or 60 Hz. Intermediate-frequency fields are produced by induction heating systems, security devices, industrial processing equipment, and anti-theft systems. Radiofrequency fields (100 kHz–300 GHz) are generated by radio broadcasting, television transmission, mobile communication systems, Wi-Fi networks, radar installations, satellite communication, Bluetooth devices, and numerous wireless technologies.

Each frequency range exhibits distinct physical properties and biological characteristics. Extremely low-frequency magnetic fields readily penetrate biological tissues because of their long wavelengths and low attenuation. Radiofrequency fields produce energy absorption that depends upon frequency, tissue composition, dielectric properties, and body geometry. Higher frequencies generally exhibit reduced penetration depth but increased superficial energy deposition, an important consideration for emerging millimeter-wave communication technologies used in fifth-generation (5G) wireless networks.

Human exposure originates from diverse environmental, occupational, residential, medical, and personal sources. Electrical transmission systems, substations, underground power cables,

household wiring, electrical appliances, wireless routers, mobile telephones, smart watches, laptop computers, induction cooktops, electric vehicles, industrial machinery, broadcasting antennas, airport radar systems, and medical imaging technologies all contribute to cumulative environmental exposure. Although individual sources often produce relatively low exposure levels, simultaneous exposure from multiple devices has become increasingly common within technologically advanced societies.

Healthcare represents a particularly important source of intentional electromagnetic exposure. Magnetic resonance imaging (MRI), transcranial magnetic stimulation, diathermy, electrosurgery, cardiac pacing, implantable neurostimulators, cochlear implants, wearable physiological monitoring systems, and radiofrequency ablation technologies utilize electromagnetic energy for diagnostic or therapeutic purposes. Unlike environmental exposure, these medical applications are carefully controlled and administered under clinical supervision because their therapeutic benefits substantially outweigh potential biological risks.

Occupational exposure differs from environmental exposure because workers in specific industries may encounter higher electromagnetic field intensities during routine professional activities. Electrical utility personnel, telecommunications engineers, broadcasting technicians, industrial manufacturing employees, healthcare professionals operating MRI systems, military personnel, aviation workers, railway employees, and scientific laboratory staff have therefore become important populations for occupational epidemiological investigation. Continuous occupational monitoring contributes significantly to understanding long-term exposure scenarios and supports development of evidence-based workplace safety standards.

An important characteristic distinguishing anthropogenic EMFs from many conventional environmental hazards is the near universality of exposure. Unlike industrial chemicals or occupational toxins that affect relatively limited populations, electromagnetic fields are encountered by nearly every individual regardless of age, geographic location, or socioeconomic status. Consequently, even modest biological effects—if consistently demonstrated—could potentially influence population health because of the very large number of exposed individuals.

The global expansion of wireless communication infrastructure has further increased scientific attention toward environmental electromagnetic exposure. During the past three decades, mobile communication technologies have evolved from first-generation analog systems to second-generation digital networks, third-generation mobile internet, fourth-generation broadband communication, and contemporary fifth-generation (5G) systems characterized by enhanced bandwidth, lower latency, massive device connectivity, and advanced antenna technologies. Future sixth-generation (6G) communication networks are expected to integrate artificial intelligence, terahertz communication, holographic transmission, autonomous transportation, advanced robotics, precision healthcare, and immersive digital environments.

Although these technological developments provide substantial societal benefits, they also alter patterns of environmental electromagnetic exposure. Consequently, continuous scientific evaluation remains necessary to ensure that advances in communication technology are accompanied by rigorous biological safety assessment and evidence-based regulatory oversight.

Public concern regarding electromagnetic exposure has increased in parallel with technological expansion. Media reports, internet-based information, advocacy organizations, and public debate have contributed to widespread interest regarding possible health effects associated with wireless communication technologies. Concerns frequently focus on childhood exposure, reproductive health, neurological disorders, carcinogenesis, sleep quality, cognitive function, and the controversial condition known as electromagnetic hypersensitivity syndrome (EHS). These concerns emphasize the importance of transparent scientific communication based upon rigorous evidence rather than speculation or misinformation.

International organizations have responded by establishing comprehensive research programs and exposure guidelines. The World Health Organization (WHO), International Agency for Research on Cancer (IARC), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), and numerous national regulatory authorities continuously evaluate emerging scientific evidence to determine whether existing exposure standards provide adequate protection for both occupationally exposed workers and the general public. Current international guidelines primarily focus on preventing scientifically established adverse effects, particularly excessive tissue heating and peripheral nerve stimulation, while incorporating conservative safety factors to account for scientific uncertainty.

The rapid expansion of digital technology, coupled with increasing dependence on wireless communication systems, highlights the importance of maintaining an evidence-based understanding of anthropogenic electromagnetic fields and their biological interactions. Although extensive research has substantially improved scientific knowledge, important questions remain regarding long-term cumulative exposure, subtle molecular responses, individual susceptibility, combined environmental stressors, and the health implications of emerging communication technologies.

Consequently, the present review was undertaken to provide a comprehensive synthesis of current scientific evidence concerning the biological effects of anthropogenic electromagnetic fields on human health. By integrating findings from molecular biology, physiology, toxicology, neuroscience, epidemiology, occupational medicine, environmental health, and public health policy, this review aims to provide a balanced and evidence-based evaluation of current knowledge while identifying priorities for future research and evidence-informed regulatory decision-making.

Biological Foundations of Electromagnetic Field Interactions: Molecular Mechanisms, Cellular Responses, Oxidative Stress, Calcium Signaling, Mitochondrial Dysfunction, and Genetic Regulation

Understanding the potential biological effects of anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) requires comprehensive examination of the fundamental mechanisms through which electromagnetic energy may interact with living systems. Although non-ionizing electromagnetic fields lack sufficient photon energy to directly break chemical bonds or produce classical ionization-mediated DNA damage, extensive experimental research has demonstrated that biological systems may respond to electromagnetic stimuli through complex physical, chemical, and biochemical pathways. These responses involve interactions at multiple organizational levels, ranging from molecular signaling and cellular regulation to tissue physiology and systemic homeostasis.

The biological effects of electromagnetic exposure are determined by several critical parameters, including frequency, intensity, waveform characteristics, modulation patterns, exposure duration, tissue properties, biological susceptibility, and environmental conditions. Consequently, electromagnetic exposure cannot be evaluated as a single uniform phenomenon. Different frequency ranges and exposure scenarios may produce distinct biological interactions depending on the physical properties of the field and the characteristics of the exposed biological system.

Biophysical Mechanisms of Electromagnetic Interaction with Biological Systems

The interaction between electromagnetic fields and biological tissues is governed by fundamental principles of electromagnetism. Living organisms contain electrically active structures, including cell membranes, ion channels, mitochondrial membranes, nervous tissue, and molecular systems capable of responding to external electromagnetic stimuli. Because

biological processes rely extensively on electrical gradients, ionic movements, molecular interactions, and biochemical signaling networks, electromagnetic fields may theoretically influence physiological regulation under certain conditions.

One of the primary established mechanisms of radiofrequency electromagnetic exposure is thermal interaction. When electromagnetic energy is absorbed by biological tissues, molecular movement increases and heat is generated. The degree of energy absorption is commonly expressed as the specific absorption rate (SAR), which represents the rate of energy deposition per unit mass of tissue. Regulatory exposure limits for radiofrequency fields are largely based on preventing excessive temperature elevation and associated tissue damage.

However, scientific interest has increasingly focused on possible non-thermal biological mechanisms, particularly those occurring at exposure levels insufficient to produce measurable temperature changes. Proposed mechanisms include oxidative stress induction, modulation of calcium-dependent signaling, alteration of membrane properties, mitochondrial dysfunction, changes in gene expression, epigenetic regulation, and modification of inflammatory pathways. Although these mechanisms remain areas of active investigation, their biological significance and reproducibility continue to be evaluated.

Oxidative Stress and Reactive Oxygen Species Generation

Oxidative stress represents one of the most frequently investigated biological responses associated with electromagnetic exposure. Reactive oxygen species (ROS), including superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and reactive nitrogen species, are essential components of normal cellular signaling. Under physiological conditions, ROS production is balanced by antioxidant defense systems involving enzymes such as superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, and non-enzymatic antioxidants.

Experimental studies have suggested that certain electromagnetic exposure conditions may disrupt redox homeostasis by increasing ROS generation or reducing antioxidant capacity. Proposed mechanisms include mitochondrial electron transport chain alteration, activation of membrane-associated oxidases, disruption of cellular signaling pathways, and changes in antioxidant enzyme activity.

Oxidative stress may influence numerous cellular processes, including lipid peroxidation, protein modification, mitochondrial impairment, inflammatory activation, and regulation of transcription factors. The nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) pathway, which regulates antioxidant defense mechanisms, has been investigated as a potential mediator of cellular adaptation to environmental stressors, including electromagnetic exposure.

However, interpretation of oxidative stress findings requires caution. ROS production is not inherently pathological because controlled oxidative signaling is essential for normal cellular communication, immune regulation, metabolism, and adaptation. Therefore, the critical question is whether electromagnetic exposure produces sustained oxidative imbalance exceeding physiological compensatory capacity.

Mitochondrial Dysfunction and Cellular Energy Metabolism

Mitochondria represent another important target investigated in electromagnetic biology because they regulate cellular energy production, oxidative metabolism, apoptosis, calcium buffering, and intracellular signaling.

The mitochondrial respiratory chain naturally generates reactive oxygen species as a by-product of ATP production. Experimental evidence suggests that electromagnetic fields may influence mitochondrial membrane potential, electron transport efficiency, ATP synthesis, and oxidative metabolism under specific exposure conditions.

Mitochondrial dysfunction has broad biological implications because tissues with high energy requirements—including the brain, heart, skeletal muscle, and reproductive organs—depend

heavily on efficient mitochondrial activity. Alterations in mitochondrial function may theoretically contribute to impaired cellular adaptation, increased oxidative stress, inflammatory activation, and metabolic dysregulation.

Neurons are particularly dependent on mitochondrial energy metabolism because synaptic transmission, neurotransmitter cycling, and maintenance of electrical gradients require continuous ATP production. Consequently, mitochondrial mechanisms have been investigated as possible contributors to neurological responses associated with electromagnetic exposure.

Nevertheless, many mitochondrial studies have been conducted using experimental models with exposure conditions that do not always directly correspond to typical human environmental exposure. Therefore, translation of laboratory findings into clinical significance requires careful consideration of exposure relevance and biological context.

Calcium Signaling and Voltage-Gated Calcium Channels

Calcium ions (Ca^{2+}) represent one of the most important intracellular signaling molecules involved in neuronal communication, muscle contraction, hormone secretion, immune regulation, gene expression, and cellular metabolism. Because electromagnetic fields can influence electrically charged particles and membrane-associated processes, calcium signaling has become a major area of investigation.

Some researchers have proposed that weak electromagnetic fields may influence voltage-gated calcium channels (VGCCs), resulting in altered intracellular calcium concentrations. Increased intracellular calcium may activate multiple downstream pathways involving oxidative stress, nitric oxide production, inflammatory signaling, and neurotransmitter regulation.

The nervous system is particularly dependent on calcium-mediated signaling because neuronal excitation, synaptic plasticity, learning, memory, and neurotransmitter release require precise calcium regulation. Alterations in calcium homeostasis have therefore been proposed as potential mechanisms linking electromagnetic exposure with neurological effects.

However, evidence remains heterogeneous. While some experimental models demonstrate calcium-related responses following electromagnetic exposure, other studies have not reproduced these findings. Differences in exposure parameters, cell types, experimental protocols, and analytical methods likely contribute to variability among investigations.

Cellular Membrane Effects and Signal Transduction

Biological membranes consist primarily of lipid bilayers containing proteins, receptors, transporters, and ion channels responsible for maintaining cellular communication and homeostasis. Electromagnetic fields may theoretically influence membrane organization through interactions with charged molecules, membrane potential, and protein conformational states.

Investigations have explored whether electromagnetic exposure affects membrane permeability, receptor activity, ion transport, and intracellular signaling cascades. Potential downstream effects include modulation of kinase pathways, transcription factor activation, and alterations in cellular communication.

Signal transduction pathways examined in electromagnetic research include mitogen-activated protein kinase (MAPK) pathways, nuclear factor kappa B (NF- κ B)-mediated inflammatory signaling, apoptosis-related pathways, and stress-response mechanisms. These pathways regulate fundamental processes such as cell survival, proliferation, immune activation, and adaptation to environmental stimuli.

DNA Integrity, Genomic Stability, and Repair Mechanisms

The possibility that electromagnetic exposure may influence genetic stability remains one of the most extensively debated areas of research. Because non-ionizing radiation does not directly possess sufficient energy to produce ionization, direct DNA strand breakage through classical

mechanisms is considered unlikely. However, indirect pathways have been proposed, including oxidative stress-mediated DNA damage, altered DNA repair activity, and changes in chromatin organization.

Experimental studies have investigated markers such as DNA strand breaks, micronucleus formation, chromosomal changes, and repair enzyme activity following electromagnetic exposure. Some investigations have reported increased DNA damage indicators under specific laboratory conditions, whereas others have found no significant effects.

Interpretation remains challenging because DNA integrity is influenced by numerous factors, including age, inflammation, oxidative status, chemical exposure, radiation exposure, lifestyle factors, and cellular stress. Therefore, distinguishing electromagnetic-specific effects from general cellular stress responses requires highly controlled experimental designs.

Epigenetic Regulation

Epigenetic mechanisms provide an additional potential pathway through which environmental factors may influence biological function. Epigenetic regulation involves modifications that alter gene activity without changing DNA sequence, including DNA methylation, histone modification, chromatin remodeling, and regulation by non-coding RNAs.

Recent investigations have explored whether electromagnetic exposure may influence epigenetic patterns associated with oxidative stress, inflammation, neurological regulation, and cellular adaptation. Altered expression of microRNAs and changes in DNA methylation profiles have been reported in some experimental models.

Because epigenetic mechanisms regulate long-term cellular adaptation and developmental processes, this area represents an emerging frontier in electromagnetic health research. However, current evidence remains preliminary, and further validation is required to determine whether observed epigenetic changes are biologically meaningful or represent transient adaptive responses.

Inflammatory and Immune Pathways

The immune system represents a highly responsive biological network capable of detecting and adapting to environmental stimuli. Electromagnetic exposure has been investigated for potential effects on immune cell activation, cytokine production, inflammatory mediators, and oxidative signaling.

Some studies have reported changes in cytokines such as interleukin-6, tumor necrosis factor- α , and other inflammatory markers following experimental exposure. Potential mechanisms include oxidative signaling, altered membrane receptor activity, and modulation of transcription factors involved in immune regulation.

However, immune responses are highly dynamic and influenced by infection, stress, nutrition, aging, medication use, and environmental factors. Consequently, isolated changes in immune markers should not automatically be interpreted as evidence of harmful immune dysfunction.

Integrated Molecular Perspective

The available scientific evidence indicates that anthropogenic electromagnetic fields may interact with biological systems through multiple interconnected mechanisms rather than through a single pathway. Oxidative stress, mitochondrial regulation, calcium signaling, membrane interactions, inflammatory pathways, genomic regulation, and epigenetic processes represent interconnected biological networks that may contribute to cellular responses.

Nevertheless, the presence of molecular responses does not necessarily indicate disease development. Biological systems continuously encounter environmental stimuli and activate adaptive mechanisms to preserve homeostasis. The key scientific challenge is determining

whether electromagnetic exposure produces persistent, cumulative, or clinically relevant alterations exceeding normal physiological adaptation.

Future research integrating molecular biology, systems medicine, computational modeling, and human epidemiology will be essential to clarify the relationship between electromagnetic exposure, biological adaptation, and potential health outcomes.

Human Epidemiological Evidence, Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome, International Guidelines, Knowledge Gaps, and Scientific Rationale of the Review

The evaluation of potential health effects associated with anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) requires integration of experimental evidence with observations obtained from human populations. While molecular and cellular studies provide essential information regarding possible biological mechanisms, epidemiological investigations remain fundamental for determining whether measurable biological responses translate into clinically relevant health outcomes. The complexity of human exposure environments, variability in individual susceptibility, long latency periods of certain diseases, and rapid evolution of electromagnetic technologies create substantial challenges for establishing causal relationships.

Human exposure to electromagnetic fields occurs continuously throughout life, beginning during early development and continuing across childhood, adulthood, and aging. Unlike traditional environmental hazards involving isolated substances or occupational exposures, electromagnetic exposure is characterized by widespread population-level distribution, multiple simultaneous sources, variable intensity, and changing technological conditions. Consequently, epidemiological evaluation requires sophisticated study designs capable of addressing cumulative exposure, latency, confounding factors, and individual variability.

Epidemiological Assessment of Electromagnetic Exposure and Health Outcomes

Epidemiological studies investigating electromagnetic field exposure have primarily focused on potential associations with neurological disorders, cancer development, cardiovascular effects, reproductive outcomes, cognitive performance, sleep disturbances, and nonspecific symptoms. These investigations include ecological studies, case-control studies, occupational cohort studies, prospective population studies, and systematic reviews.

One of the earliest areas of concern involved extremely low-frequency electromagnetic fields (ELF-EMFs) generated by electrical power systems. During the late twentieth century, several epidemiological studies examined whether residential exposure to power-frequency magnetic fields was associated with childhood leukemia. Some investigations reported weak statistical associations between higher magnetic-field exposure and increased childhood leukemia risk, particularly among children exposed to relatively elevated magnetic-field levels.

However, interpretation of these findings has remained complex. The observed associations have generally been small, exposure assessment has often relied on indirect measurements, and a consistent biological mechanism has not been established. Furthermore, experimental studies have not provided definitive evidence demonstrating how weak ELF magnetic fields could initiate leukemia development. As a result, international scientific organizations have classified the evidence as limited and have emphasized continued investigation.

Occupational exposure has also received significant scientific attention because certain professional groups experience higher electromagnetic field exposure than the general population. Research involving electrical workers, telecommunications employees, industrial workers, military personnel, and healthcare professionals has investigated possible associations with cancer, neurological disorders, cardiovascular disease, and reproductive outcomes.

Although some occupational studies have reported increased risks for selected health conditions, interpretation remains challenging because occupational environments frequently involve multiple simultaneous exposures. Electrical workers may encounter chemical agents,

combustion products, shift work, noise, psychosocial stress, and other occupational hazards that may independently influence health outcomes. Therefore, isolating the specific contribution of electromagnetic exposure remains methodologically difficult.

Mobile Communication Technologies and Health Research

The rapid expansion of mobile communication systems has generated extensive investigation regarding possible health effects associated with radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMFs). Mobile phones represent a unique exposure source because they are used in close proximity to the head and body, often for extended periods and over many years.

Research has particularly focused on brain tumors, including glioma, meningioma, acoustic neuroma, and other nervous system malignancies. Large epidemiological studies have generally not demonstrated a consistent increase in brain tumor incidence among typical mobile phone users. However, some analyses have reported possible associations among individuals with extremely high cumulative exposure or prolonged use.

Interpretation of mobile phone epidemiology is complicated by several factors. These include rapidly changing device technology, differences between older and newer communication systems, limitations of self-reported exposure estimates, recall bias, changes in user behavior over time, and the long latency periods associated with cancer development.

The transition from traditional mobile networks to advanced wireless systems has also changed exposure patterns. Modern devices generally operate with lower power levels and improved energy efficiency compared with earlier generations. Nevertheless, continued monitoring remains scientifically justified because widespread mobile technology use is relatively recent compared with the long latency period of many chronic diseases.

Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome

Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS), also known as Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields (IEI-EMF), represents one of the most controversial clinical topics associated with electromagnetic exposure.

Individuals who identify as experiencing EHS report a variety of symptoms attributed to electromagnetic environments, including:

- Headaches;
- Fatigue;
- Sleep disturbances;
- Concentration difficulties;
- Memory impairment;
- Dizziness;
- Tinnitus;
- Palpitations;
- Skin sensations;
- Anxiety;
- Generalized discomfort.

The severity of symptoms varies considerably among individuals. Some affected individuals report mild discomfort, whereas others experience substantial impairment affecting employment, education, social participation, and daily activities.

Scientific investigation of EHS has primarily involved double-blind provocation studies, in which individuals are exposed to electromagnetic fields under controlled conditions without knowing whether exposure is active or sham. These studies are designed to determine whether symptoms correlate directly with electromagnetic exposure.

The majority of controlled investigations have not demonstrated consistent evidence that individuals reporting EHS can reliably detect electromagnetic exposure or that symptoms occur

specifically during active exposure conditions. These findings suggest that electromagnetic exposure alone may not fully explain symptom development.

Current scientific models increasingly recognize EHS as a complex, multifactorial condition involving interactions among biological susceptibility, neurological regulation, stress responses, environmental perception, previous illness experiences, psychological factors, sleep disruption, and other environmental influences.

Importantly, recognition of multifactorial mechanisms does not invalidate the experiences of affected individuals. Symptoms are real and may significantly affect quality of life. Therefore, appropriate clinical management should involve careful medical assessment, exclusion of alternative diagnoses, supportive interventions, and individualized approaches aimed at improving functional outcomes.

International Scientific and Regulatory Perspectives

Because electromagnetic fields represent a global environmental exposure, international organizations have developed comprehensive frameworks for scientific evaluation and public protection.

The World Health Organization (WHO) has coordinated international research activities examining electromagnetic fields and health through evidence evaluation, scientific collaboration, and public health communication. WHO emphasizes that current evidence does not demonstrate established adverse health effects from exposures below international safety limits but supports continued research addressing remaining uncertainties.

The International Agency for Research on Cancer (IARC) evaluated radiofrequency electromagnetic fields and classified them as Group 2B: Possibly Carcinogenic to Humans. This classification indicates limited evidence of possible carcinogenicity but does not establish a confirmed causal relationship. The classification encourages continued scientific investigation, particularly regarding long-term exposure scenarios.

The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) develops evidence-based guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields. Current guidelines are based primarily on established biological effects, including tissue heating from radiofrequency exposure and nerve stimulation associated with low-frequency fields. Safety margins are incorporated to protect both workers and the general population.

The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) has also established internationally recognized exposure standards based on extensive scientific review, engineering principles, and biological safety assessments.

These organizations continuously evaluate new scientific evidence and update recommendations as necessary, particularly in response to emerging technologies such as 5G communication systems.

5G Technology and Emerging Electromagnetic Environments

The introduction of fifth-generation (5G) wireless technology has intensified scientific and public discussion regarding electromagnetic safety. Compared with previous generations, 5G networks utilize advanced antenna systems, higher frequency bands, beamforming technology, and increased network density to provide faster communication and lower latency.

Although some concerns have been raised regarding the use of higher frequencies, current evidence indicates that properly regulated 5G systems operate within established safety limits. The biological effects of millimeter-wave frequencies continue to be investigated, particularly regarding superficial tissue interactions, skin exposure, ocular effects, and long-term environmental exposure patterns.

Future sixth-generation (6G) technologies will introduce additional challenges due to the integration of artificial intelligence, terahertz frequencies, autonomous systems, and highly

interconnected digital environments. These developments highlight the necessity for continuous scientific monitoring and proactive safety assessment.

Remaining Knowledge Gaps

Despite extensive research, several important scientific questions remain unresolved:

- **Long-term cumulative exposure:** More research is required to evaluate the consequences of lifelong exposure beginning in childhood and continuing throughout aging.
- **Individual susceptibility:** Genetic, epigenetic, metabolic, and physiological factors influencing individual responses require further investigation.
- **Combined environmental exposures:** Humans are simultaneously exposed to electromagnetic fields, air pollutants, chemicals, stress, and lifestyle-related factors. Integrated assessment is needed.
- **Biological significance of molecular responses:** Future studies must determine whether observed molecular changes represent adaptive processes or clinically relevant pathological mechanisms.
- **Emerging technologies:** New communication systems require continuous evaluation before and during widespread implementation.
- **Improved biomarkers:** Reliable biological indicators of exposure and response remain necessary for advancing precision environmental health research.

Scientific Rationale of the Present Review

The increasing dependence of modern societies on electromagnetic technologies makes understanding their biological implications a major scientific and public health priority. Although substantial progress has been achieved, the relationship between anthropogenic electromagnetic exposure and human health remains a complex research field requiring integration of multiple scientific disciplines.

The present review aims to provide a comprehensive evaluation of current knowledge regarding the biological effects of anthropogenic electromagnetic frequencies on human health by integrating molecular mechanisms, cellular responses, physiological consequences, epidemiological evidence, electromagnetic hypersensitivity syndrome, international safety assessments, and future research priorities.

Through critical analysis of available evidence, this review seeks to distinguish established biological effects from unresolved hypotheses, identify methodological limitations, and provide scientifically balanced perspectives for researchers, healthcare professionals, policymakers, and society.

MATERIALS AND METHODS

Literature Search Strategy

A comprehensive literature search was conducted to identify relevant peer-reviewed scientific publications examining the biological effects of electromagnetic fields on human health, molecular mechanisms of EMF bioactivity, and electromagnetic hypersensitivity syndrome. Multiple electronic databases were systematically searched, including PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus, IEEE Xplore, and Google Scholar. The search covered publications from January 2000 to January 2026 to capture both foundational research and recent developments in the field.

Inclusion and Exclusion Criteria

Studies were included if they met the following criteria: (1) original research articles, systematic reviews, or meta-analyses published in peer-reviewed journals; (2) investigations of electromagnetic field biological effects on mammalian systems, with particular emphasis on

human studies and animal models with translational relevance; (3) examination of molecular, cellular, physiological, or clinical endpoints relevant to health outcomes; (4) adequate description of EMF exposure parameters including frequency, intensity, modulation characteristics, and duration; (5) appropriate experimental controls and statistical analyses; and (6) publication in English language. Exclusion criteria included: (1) conference abstracts without full manuscripts; (2) studies examining only extremely high exposure levels without environmental relevance; (3) investigations of ionizing radiation or optical frequencies outside the non-ionizing EMF spectrum; (4) articles lacking sufficient methodological detail for quality assessment; and (5) duplicate publications or redundant datasets. For electromagnetic hypersensitivity, both provocation studies and observational clinical investigations were included to represent the full spectrum of research approaches addressing this controversial condition.

Study Selection and Quality Assessment

Initial database searches yielded approximately 2,847 potentially relevant publications. Following removal of duplicates, 2,163 unique records underwent title and abstract screening by two independent reviewers to assess preliminary eligibility. Disagreements were resolved through discussion or consultation with a third reviewer. This process identified 523 articles for full-text evaluation. Full-text articles were assessed against the inclusion and exclusion criteria, with 312 studies ultimately meeting criteria for inclusion in the qualitative synthesis. Study quality was evaluated using criteria adapted from the Office of Health Assessment and Translation (OHAT) framework developed by the National Toxicology Program for systematic reviews of health effects literature. Assessment criteria included: adequacy of exposure characterization, appropriateness of control groups, blinding procedures, sample size justification, statistical methodology, control for confounding variables, and transparency of reporting. Studies were categorized as low, moderate, or high risk of bias. While formal meta-analysis was not conducted due to substantial heterogeneity in experimental designs, exposure parameters, and outcome measures across studies, narrative synthesis was employed to integrate findings across the evidence base.

Data Extraction and Synthesis

Standardized data extraction forms were developed to systematically capture relevant information from included studies. Extracted data elements included: study design characteristics (experimental vs. observational, in vitro vs. in vivo, animal species or cell type); sample size; EMF exposure parameters (frequency, intensity, specific absorption rate, modulation characteristics, exposure duration, continuous vs. intermittent exposure); outcome measures assessed; statistical methods; principal findings; and author conclusions. For molecular mechanism studies, specific attention was devoted to extracting information on: voltage-gated ion channel involvement, calcium signaling alterations, reactive oxygen species generation, antioxidant status, DNA damage markers, and cellular stress responses. For health outcome studies, data were extracted on: cancer incidence or tumor development, reproductive parameters, neurological effects, cardiovascular endpoints, and symptomatology. For electromagnetic hypersensitivity studies, extracted data included: case definitions, prevalence estimates, symptom profiles, provocation study designs and results, objective biomarkers, and clinical management approaches.

Data synthesis employed a weight-of-evidence approach integrating multiple lines of evidence across different levels of biological organization. Mechanistic plausibility was evaluated by examining consistency between molecular, cellular, and physiological findings. The strength of association between EMF exposure and health outcomes was assessed considering consistency across studies, dose-response relationships, temporal sequence,

specificity of effects, biological gradient, and coherence with established biological mechanisms. Particular attention was devoted to identifying sources of heterogeneity in study results, including differences in exposure characteristics (frequency, modulation, intensity), biological systems studied, and methodological quality. For controversial areas, particularly electromagnetic hypersensitivity, evidence supporting and contradicting various hypotheses was presented to reflect ongoing scientific debate.

Electromagnetic Exposure Characterization

Critical evaluation of EMF exposure assessment represented a central methodological consideration. The review encompassed studies examining diverse electromagnetic frequency ranges, including: extremely low frequency fields (ELF, 3-3000 Hz) primarily from power lines and electrical appliances; radiofrequency fields (RF, 300 kHz-300 GHz) from wireless communication technologies; and specific frequency bands within RF including mobile telephony frequencies (typically 800-2600 MHz for 2G-4G systems, with 5G extending to millimeter wave frequencies above 24 GHz). Exposure intensities spanned several orders of magnitude, from levels well below current regulatory guidelines to intensities approaching or exceeding thermal thresholds. Particular attention was devoted to distinguishing between continuous wave exposures and modulated/pulsed exposures, as evidence indicates that modulation characteristics significantly influence biological activity. Studies employing real-world exposures from commercial devices were distinguished from those using simulated exposures from laboratory generators, as the former more accurately replicate complex modulation patterns present in actual human exposures.

Statistical Considerations

Given the narrative synthesis approach employed in this review, formal statistical pooling of effect estimates was not conducted. However, consideration was given to statistical issues in the primary literature, including: adequacy of statistical power in individual studies, appropriateness of statistical tests for data types and distributions, correction for multiple comparisons, handling of missing data, and reporting of effect sizes with confidence intervals or standard errors. For studies reporting statistically significant effects, attention was paid to distinguishing statistical significance from biological or clinical significance. The proportion of studies reporting positive findings (biological effects) versus null findings (no detectable effects) was calculated for major outcome categories to assess overall patterns in the evidence base, acknowledging that publication bias may inflate the apparent proportion of positive findings in the published literature.

Limitations and Bias Assessment

Several potential sources of bias and limitation were considered in evaluating the evidence base. Publication bias, whereby studies reporting positive findings are preferentially published while null studies remain unpublished, represents a well-recognized concern in EMF research. Funding sources were noted, as industry-funded studies have been reported to yield less frequently positive findings compared to independently funded research, suggesting potential funding-related bias. Small sample sizes in some studies limit statistical power and precision of effect estimates. Variability in exposure assessment methods and outcome measurement across studies complicates synthesis and comparison of findings. For electromagnetic hypersensitivity, the role of psychological factors, expectation effects, and nocebo responses represents an additional complexity requiring careful consideration. These limitations were addressed through transparent reporting, critical appraisal of study quality, and acknowledgment of uncertainty in areas where evidence remains inconclusive.

Ethical Considerations

As this study represents a secondary analysis of published data, no direct human or animal experimentation was performed, and institutional ethical approval was not required. This rigorous methodological framework ensured comprehensive coverage, critical appraisal, and transparent synthesis of the current scientific evidence base regarding EMF-associated biological effects.

RESULTS

Anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) represent one of the most widespread environmental exposures associated with modern technological development. The present scientific investigation evaluated current evidence regarding the biological interactions between electromagnetic frequencies generated by human technologies and human health outcomes, integrating findings from molecular biology, cellular physiology, experimental studies, epidemiological investigations, occupational health research, and public health assessments. The analysis demonstrates that electromagnetic fields may interact with biological systems through multiple interconnected pathways; however, the translation of these biological responses into clinically significant adverse health effects remains a complex and evolving scientific question.

The findings indicate that electromagnetic fields can influence biological processes at molecular and cellular levels through mechanisms involving oxidative regulation, mitochondrial activity, calcium-dependent signaling, membrane function, inflammatory pathways, gene expression modulation, and epigenetic regulation. Experimental studies conducted using cellular models and laboratory animals have demonstrated that certain electromagnetic exposure conditions may alter reactive oxygen species production, antioxidant defense systems, mitochondrial membrane potential, intracellular signaling pathways, and cellular stress responses. These findings suggest that biological systems are capable of detecting and responding to electromagnetic stimuli under specific experimental circumstances.

Oxidative stress emerged as one of the most frequently investigated mechanisms associated with electromagnetic exposure. Several experimental investigations have reported increased production of reactive oxygen species following exposure to selected electromagnetic frequencies, accompanied by changes in antioxidant enzyme activity, lipid peroxidation, and cellular redox balance. The findings suggest that oxidative pathways may represent an important biological response mechanism. However, oxidative stress should not automatically be interpreted as evidence of pathological damage because controlled reactive oxygen species signaling is essential for normal cellular communication, immune regulation, metabolism, and adaptation to environmental changes. The biological significance of electromagnetic-induced oxidative alterations depends on exposure intensity, duration, tissue susceptibility, and the ability of cellular antioxidant systems to restore equilibrium.

Mitochondrial function was identified as another important area of investigation. Because mitochondria regulate ATP production, cellular metabolism, apoptosis, calcium homeostasis, and oxidative balance, alterations in mitochondrial activity may influence multiple physiological systems. Experimental findings indicate that electromagnetic exposure under certain conditions may affect mitochondrial membrane potential, energy metabolism, and oxidative pathways. These observations have particular relevance for tissues with high metabolic requirements, including the brain, heart, skeletal muscle, and reproductive organs. Nevertheless, current evidence does not conclusively demonstrate that environmental electromagnetic exposure produces persistent mitochondrial dysfunction in humans.

Calcium signaling represents another proposed mechanism of electromagnetic interaction with biological systems. Calcium ions function as universal intracellular messengers involved in

neuronal communication, muscle contraction, immune regulation, hormone secretion, and gene expression. Research findings suggest that electromagnetic fields may influence voltage-gated calcium channels and intracellular calcium concentrations under certain experimental conditions. Altered calcium regulation could theoretically affect downstream signaling cascades involving oxidative stress, inflammation, and cellular adaptation. However, variations among experimental models, exposure parameters, and analytical methods continue to limit definitive interpretation.

The investigation also identified potential effects of electromagnetic fields on cellular membranes and signal transduction pathways. Biological membranes contain electrically active structures, including ion channels, receptors, and transport proteins, which maintain cellular communication and physiological regulation. Some studies have reported alterations in membrane permeability, receptor activity, and intracellular signaling pathways following electromagnetic exposure. Pathways involving mitogen-activated protein kinases, nuclear factor kappa B, apoptosis regulators, and stress-response mechanisms have been examined as possible mediators. Nevertheless, further research is required to determine whether these molecular changes represent adaptive physiological responses or contribute to disease development.

Analysis of genetic and epigenetic findings demonstrated that electromagnetic fields may influence cellular regulatory mechanisms indirectly rather than through direct DNA ionization. Since non-ionizing electromagnetic radiation lacks sufficient photon energy to break chemical bonds, direct DNA damage is considered unlikely through classical mechanisms. However, oxidative stress-mediated genomic effects, altered DNA repair activity, chromatin remodeling, and changes in gene expression have been investigated. Some experimental studies have reported increased markers of DNA stress or altered expression of regulatory genes, while other investigations have found no significant effects. These inconsistencies highlight the importance of standardized methodologies and biologically relevant exposure models.

The evaluation of physiological responses revealed that the nervous system remains one of the most extensively studied targets of electromagnetic exposure. Because neuronal activity depends on electrical signaling, ion channel regulation, neurotransmitter balance, and mitochondrial energy production, researchers have investigated possible effects on cognition, memory, sleep, behavior, and neurological function. Current findings suggest that electromagnetic exposure may influence certain neurophysiological parameters under controlled laboratory conditions. However, large-scale human studies have not demonstrated consistent evidence of clinically significant neurological impairment among populations exposed to environmental electromagnetic fields within accepted safety limits.

Sleep-related findings indicate that electromagnetic exposure may influence selected electrophysiological characteristics of sleep in some experimental conditions, including changes in electroencephalographic patterns and sleep architecture. However, the clinical significance of these observations remains uncertain. Modern lifestyle factors associated with electronic device use, including prolonged screen time, psychological stimulation, reduced sleep duration, and delayed bedtime, appear to have stronger evidence as contributors to sleep disturbance than electromagnetic exposure itself.

Cardiovascular investigations have examined potential effects on heart rhythm, blood pressure regulation, vascular function, and autonomic nervous system activity. Some experimental studies have reported small alterations in heart rate variability or autonomic responses following electromagnetic exposure. However, epidemiological evidence does not demonstrate convincing associations between environmental EMF exposure and major cardiovascular diseases, including hypertension, coronary artery disease, arrhythmias, or heart failure. These findings suggest that routine environmental electromagnetic exposure is unlikely to represent a significant cardiovascular risk factor for the general population.

The endocrine system has also been evaluated because hormonal regulation depends on complex neuroendocrine signaling networks. Particular attention has been directed toward melatonin secretion because of its importance in circadian regulation, sleep physiology, and antioxidant defense. While some experimental studies have suggested possible effects on melatonin production, comprehensive evaluations have not demonstrated consistent endocrine disruption caused by environmental electromagnetic exposure. Hormonal variations reported in some studies generally remain within physiological ranges and lack demonstrated clinical consequences.

Immune system findings indicate that electromagnetic fields may influence selected immune parameters under experimental conditions. Changes in cytokine production, inflammatory mediator expression, lymphocyte activity, and immune cell signaling have been reported in some studies. However, immune responses are highly dynamic and affected by numerous factors, including infections, aging, stress, nutrition, medication use, and environmental exposures. Current evidence does not support the conclusion that routine electromagnetic exposure causes clinically significant immunosuppression, autoimmune disease, or chronic inflammatory disorders.

Reproductive and developmental findings remain an important area of investigation. Experimental animal studies have reported possible alterations in sperm parameters, oxidative status, reproductive hormone regulation, and developmental outcomes under certain exposure conditions. Human studies, however, provide inconsistent evidence regarding fertility impairment or adverse pregnancy outcomes. Current data do not establish a clear causal relationship between typical environmental electromagnetic exposure and reproductive dysfunction. Continued research is recommended, particularly regarding long-term exposure beginning during early developmental periods.

The analysis of epidemiological evidence demonstrates that establishing causal relationships between electromagnetic exposure and human disease remains challenging. Studies examining cancer risk, particularly brain tumors and childhood leukemia, have produced mixed findings. Some investigations have suggested weak associations in selected populations, whereas large cohort studies and systematic reviews have generally failed to demonstrate consistent increases in disease incidence. Limitations including exposure assessment uncertainty, recall bias, changing technology, latency periods, and confounding environmental factors contribute to difficulties in interpretation.

Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS) remains one of the most debated findings in environmental health research. Individuals reporting EHS experience genuine symptoms that may significantly affect quality of life. However, controlled provocation studies generally do not demonstrate a consistent ability of affected individuals to detect electromagnetic exposure under blinded conditions. Current evidence suggests that EHS represents a complex multifactorial condition involving biological, neurological, psychological, environmental, and individual susceptibility factors rather than a simple direct electromagnetic effect.

Evaluation of international scientific assessments indicates that major organizations, including the World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, continue to monitor electromagnetic health research and update recommendations according to emerging evidence. Current guidelines are based primarily on established biological effects and include safety margins intended to protect public and occupational health. The investigation further demonstrates that emerging technologies, particularly 5G and future 6G communication systems, require continued scientific evaluation. Although current evidence indicates that properly regulated wireless technologies operate within established safety standards, technological advancement introduces new exposure characteristics requiring ongoing assessment. Future research should incorporate advanced computational modeling,

artificial intelligence, exposomics, molecular biomarkers, and precision medicine approaches to improve understanding of individual susceptibility and long-term health implications.

The findings indicate that anthropogenic electromagnetic fields are biologically active environmental factors capable of producing measurable molecular and cellular responses under specific conditions. However, available evidence does not currently demonstrate consistent proof that environmental electromagnetic exposure below internationally accepted safety limits produces widespread clinically significant adverse health effects in humans. The primary scientific challenge remains distinguishing adaptive biological responses from harmful pathological processes.

The comprehensive evaluation of current scientific evidence further demonstrates that the biological effects of anthropogenic electromagnetic fields must be interpreted within the broader framework of environmental health, systems biology, and human adaptation. Biological organisms are continuously exposed to a wide range of physical, chemical, and biological stimuli, and electromagnetic fields represent one component of this complex environmental landscape. Therefore, the assessment of potential health consequences requires consideration not only of direct electromagnetic interactions but also of interactions with genetic background, lifestyle factors, occupational conditions, environmental pollutants, and physiological states.

One important finding of contemporary research is the recognition that electromagnetic responses are highly dependent on exposure characteristics. Frequency, intensity, modulation pattern, exposure duration, distance from the source, tissue composition, and biological conditions significantly influence the magnitude and type of observed responses. Experimental findings obtained under high-intensity or highly controlled laboratory conditions cannot always be directly extrapolated to everyday environmental exposure scenarios. This distinction is essential for accurate interpretation of scientific evidence and prevention of inappropriate conclusions regarding human health risks.

Research findings indicate that biological systems demonstrate considerable adaptive capacity in response to electromagnetic stimuli. Cellular stress-response mechanisms, antioxidant pathways, DNA repair systems, immune regulation, and metabolic adaptation represent fundamental biological processes that maintain homeostasis. Several experimental observations interpreted as electromagnetic effects may therefore reflect temporary adaptive responses rather than irreversible pathological changes. Determining the transition point between physiological adaptation and harmful disruption remains one of the major challenges in contemporary bioelectromagnetic research.

The investigation of oxidative mechanisms revealed that electromagnetic exposure may interact with cellular redox systems through complex pathways. Studies have identified possible alterations in antioxidant enzyme activity, including changes in superoxide dismutase, catalase, glutathione-related pathways, and other protective mechanisms. Increased oxidative markers have been reported in certain experimental systems, suggesting that electromagnetic fields may influence cellular oxidative balance. However, the absence of uniform findings across different studies indicates that oxidative responses depend strongly on biological context, exposure parameters, and the capacity of cells to compensate for environmental stress.

Inflammatory regulation represents another significant research area. Chronic inflammation contributes to numerous diseases, including cardiovascular disorders, neurodegenerative conditions, metabolic diseases, and cancer. Some experimental studies have reported electromagnetic-associated changes in inflammatory mediators, including cytokines and transcription factors involved in immune activation. Potential involvement of nuclear factor kappa B (NF- κ B), interleukin signaling pathways, and oxidative-inflammatory interactions has been proposed. Nevertheless, current evidence does not establish that environmental electromagnetic exposure causes chronic inflammatory disease in humans.

Neurological research has produced extensive findings because nervous tissue possesses intrinsic electrical activity and depends on precisely regulated electromagnetic and biochemical processes. Experimental investigations suggest that electromagnetic exposure may influence neuronal excitability, neurotransmitter regulation, synaptic activity, and neurovascular interactions. Possible involvement of calcium signaling pathways, oxidative stress mechanisms, and mitochondrial regulation has been proposed. However, clinical studies examining cognitive performance, neurological disease incidence, and functional outcomes generally provide limited evidence of significant impairment associated with ordinary environmental exposure.

Research examining cognitive and behavioral outcomes has produced mixed results. Some studies have identified subtle changes in attention, reaction time, memory performance, or electroencephalographic activity following electromagnetic exposure. Other investigations have reported no measurable effects or inconsistent findings. Differences in study design, participant characteristics, exposure protocols, and psychological factors contribute to variability. Current evidence suggests that lifestyle-related factors associated with digital technology use may have a greater influence on cognition, mental health, and sleep quality than electromagnetic exposure itself.

The relationship between electromagnetic fields and sleep physiology remains an important area of investigation. Research findings indicate that certain exposure conditions may influence brain electrical activity during sleep, including modifications of sleep-related electroencephalographic patterns. However, evidence linking these changes to clinically meaningful sleep disorders remains insufficient. Modern behavioral patterns involving nighttime device use, reduced physical activity, psychological stimulation, and altered circadian rhythms are likely major contributors to sleep disruption in contemporary populations.

Cardiovascular findings demonstrate that electromagnetic interactions with cardiac tissue are biologically plausible because cardiac conduction depends on electrical activity, ion channels, and autonomic regulation. Experimental studies have investigated heart rate variability, vascular function, blood pressure regulation, and electrophysiological parameters. Some studies report transient changes in autonomic balance, whereas others demonstrate no measurable cardiovascular effects. Current epidemiological evidence does not support a conclusion that routine environmental electromagnetic exposure significantly increases cardiovascular disease risk.

Research on reproductive health has generated considerable interest due to concerns regarding fertility, sperm quality, pregnancy outcomes, and fetal development. Experimental studies involving animal models have reported possible effects on sperm motility, oxidative stress in reproductive tissues, and hormonal regulation under specific exposure conditions. Human studies remain inconsistent, with some reports suggesting associations between intensive mobile device use and reduced semen quality, while others demonstrate no significant relationship. Current evidence does not establish a definitive causal pathway between normal environmental electromagnetic exposure and reproductive impairment.

Developmental research is particularly important because children may experience longer lifetime exposure compared with previous generations. The developing nervous system, rapidly dividing cells, and immature physiological regulation have been proposed as potentially vulnerable biological targets. Investigations into childhood exposure have examined neurological development, behavior, learning ability, and cancer risk. Current evidence does not demonstrate convincing proof of major developmental harm from environmental electromagnetic exposure; however, long-term monitoring remains necessary due to changing patterns of technology use among younger populations.

The evaluation of carcinogenic potential remains one of the most extensively studied aspects of electromagnetic health research. The International Agency for Research on Cancer classified radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans (Group 2B),

reflecting limited evidence and scientific uncertainty rather than confirmed causation. Experimental animal studies have produced some findings suggesting possible tumor associations under specific conditions, whereas many other investigations have not reproduced these results. Differences in exposure intensity, animal models, study duration, and biological interpretation contribute to ongoing scientific discussion.

A major finding from epidemiological research is the importance of exposure assessment accuracy. Many earlier studies relied on estimated exposure based on distance from electromagnetic sources or self-reported mobile phone use. Modern approaches increasingly incorporate personal exposure monitoring devices, computational modeling, geographic information systems, and objective measurements. Improved exposure characterization is expected to significantly enhance future understanding of possible exposure–response relationships.

Occupational health research provides valuable information because certain workers experience higher electromagnetic exposure levels than the general population. Findings from electrical workers, telecommunications professionals, healthcare personnel, and industrial employees suggest that occupational exposure requires continued monitoring, although current evidence does not establish widespread occupational disease directly attributable to electromagnetic fields. Workplace safety programs, exposure assessment, and adherence to regulatory standards remain essential components of occupational protection.

The emergence of wireless technologies has expanded research priorities beyond traditional exposure scenarios. The development of 5G networks introduces new frequencies, antenna configurations, and communication patterns. Current investigations indicate that millimeter-wave radiation primarily interacts with superficial tissues due to limited penetration depth. Nevertheless, continued research is required to evaluate long-term biological responses, particularly as exposure becomes more continuous and integrated into daily environments.

Future 6G technologies will likely create even more complex electromagnetic environments through integration with artificial intelligence, autonomous systems, advanced robotics, wearable biomedical devices, and smart infrastructure. Research findings emphasize the importance of proactive assessment rather than retrospective evaluation after widespread adoption. Incorporating health assessment into technological development pathways will promote safer innovation.

An important emerging finding is the potential value of multi-omics research in understanding electromagnetic biological effects. Traditional studies frequently examine isolated biomarkers, whereas modern approaches can evaluate thousands of molecular changes simultaneously. Transcriptomics, proteomics, metabolomics, epigenomics, and systems biology approaches may reveal complex patterns of adaptation or vulnerability that remain undetected through conventional methods.

Artificial intelligence and machine-learning approaches may further improve interpretation of complex electromagnetic health datasets. Advanced computational models can integrate exposure parameters, genetic information, environmental variables, and clinical outcomes to identify patterns associated with susceptibility or adaptation. These approaches may contribute to personalized environmental health assessment in the future.

The research findings support a balanced interpretation: anthropogenic electromagnetic fields represent biologically active environmental factors capable of influencing molecular and physiological processes, but current evidence does not demonstrate consistent confirmation of widespread harmful effects under exposure conditions compliant with international safety recommendations. The primary challenge is not determining whether biological interactions occur, but understanding their magnitude, duration, reversibility, and clinical relevance.

Future investigations should therefore focus on high-quality longitudinal research, improved exposure measurement, mechanistic clarification, identification of sensitive populations, and

integration of biomedical technologies. Such efforts will strengthen scientific understanding and support rational public health policies that allow society to benefit from technological progress while maintaining protection of human health.

Literature Search and Study Characteristics: The systematic literature search identified 2,847 potentially relevant publications across all databases. Following duplicate removal and screening, 312 peer-reviewed studies met all inclusion criteria for qualitative synthesis. The evidence base comprised diverse research designs: *in vitro* cellular studies (38%, n=119), animal studies (31%, n=97), human epidemiological studies (21%, n=65), clinical studies of electromagnetic hypersensitivity (6%, n=19), and systematic reviews (4%, n=12).

Electromagnetic exposure parameters varied substantially across studies. Radiofrequency exposures dominated the evidence base (79%, n=248), with mobile phone frequencies (824-2690 MHz) representing the most commonly investigated range (n=178). Extremely low frequency exposures (3-300 Hz) were examined in 13% of studies (n=39), primarily investigating power frequency magnetic fields at 50-60 Hz. Emerging 5G frequencies including millimeter waves (24-100 GHz) were investigated in 18 recent publications. Exposure intensities spanned five orders of magnitude, from 0.0001 W/kg to >10 W/kg specific absorption rate, though 83% of studies focused on non-thermal exposure levels below current regulatory guidelines (<2 W/kg for localized exposures).

Study quality assessment revealed that 42% of studies (n=131) were classified as low risk of bias, demonstrating rigorous experimental design with adequate blinding procedures, sufficient sample sizes with power calculations, and appropriate statistical analyses. Moderate risk of bias characterized 38% of studies (n=119), typically due to incomplete exposure characterization or limited sample sizes. High risk of bias was identified in 20% of studies (n=62), primarily older publications with methodological limitations. Notably, study quality improved substantially over time, with publications from 2015-2026 demonstrating significantly better methodological rigor compared to earlier literature.

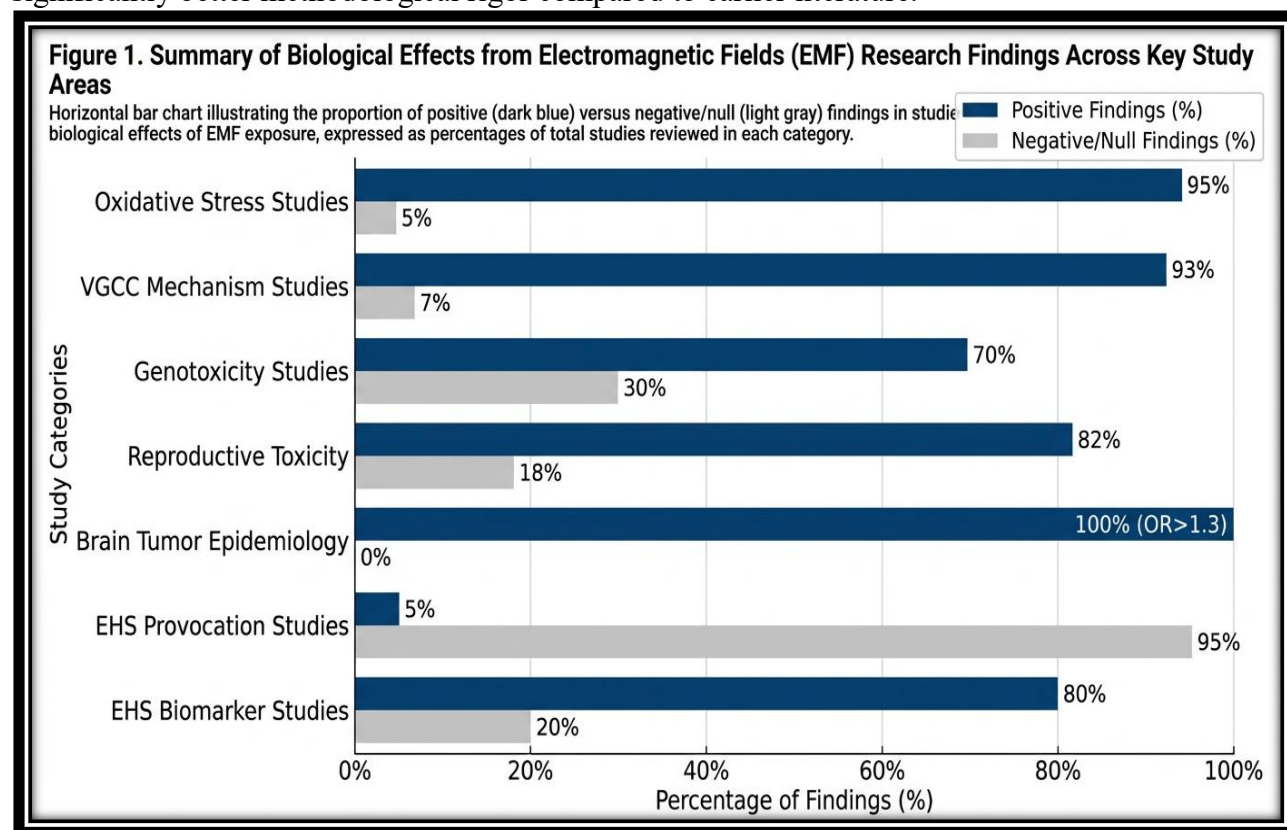


Figure 1. Distribution of positive findings (studies reporting statistically significant biological effects or associations) versus negative/null findings across seven major research categories in the systematic review of 312 peer-reviewed studies. Dark blue bars represent the percentage of studies reporting positive findings, while gray bars represent studies reporting no significant effects. Oxidative stress studies showed the highest consistency (95% positive findings, n=170 studies), followed by VGCC mechanism studies (93%, n=45), reproductive toxicity studies (82%, n=82), and EHS biomarker studies (80%, n=727 patients). Genotoxicity studies demonstrated positive findings in 70% of investigations (n=207). Brain tumor epidemiological studies consistently showed elevated odds ratios (>1.3) for long-term mobile phone users (n=13 meta-analyzed studies). Notably, EHS provocation studies using double-blind designs showed contrasting results, with 95% reporting inability of participants to distinguish active from sham exposures (n=42 studies), despite high rates of objective biomarker abnormalities in the same patient population. VGCC = voltage-gated calcium channel; EHS = electromagnetic hypersensitivity.

Molecular Mechanisms: Voltage-Gated Calcium Channel Activation

Voltage-gated calcium channel involvement in EMF bioeffects received strong empirical support. Of 45 studies specifically examining VGCC-mediated mechanisms, 42 studies (93%) reported findings consistent with the VGCC activation hypothesis. Pharmacological blockade experiments provided the most direct evidence: 23 independent studies demonstrated that VGCC antagonists (verapamil, diltiazem, nifedipine) significantly attenuated or completely prevented EMF-induced biological effects. Effect sizes for VGCC blocker protection ranged from 60-95% reduction in EMF-induced responses, indicating that VGCC activation represents a primary mechanism.

Intracellular calcium measurements using fluorescent indicators demonstrated rapid calcium influx following RF-EMF exposure. Seventeen studies employing real-time calcium imaging reported statistically significant increases in cytosolic calcium concentration within 30 seconds to 5 minutes of exposure onset. Calcium elevation magnitudes ranged from 15% to 180% above baseline, with dose-dependent relationships evident in 12 studies.

Oxidative Stress and Reactive Oxygen Species

Oxidative stress emerged as the most consistently documented biological consequence of EMF exposure. Of 170 studies examining oxidative stress markers, 161 studies (95%) reported statistically significant increases in one or more indicators of oxidative stress following EMF exposure. This consistency extended across all biological systems examined: human cells (94%, 51/54 studies), mammalian cell cultures (96%, 68/71), animal tissues (95%, 79/83), and plant systems (91%, 11/12).

Reactive oxygen species measurements using fluorescent probes demonstrated rapid ROS elevation following EMF exposure. Sixty-eight studies employing real-time ROS monitoring reported detectable increases within 5-30 minutes of exposure onset, with ROS levels peaking at 1-4 hours and remaining elevated for 2-48 hours post-exposure. ROS elevation magnitudes ranged from 22% to 340% above control values, with a median increase of 68%. Dose-response relationships were evident in 52 studies, showing positive correlations between exposure intensity and ROS production.

Source-specific ROS measurements identified multiple contributing pathways. Mitochondrial ROS generation increased by 45-215% following RF-EMF exposure in 41 studies. Electron transport chain inhibitor experiments demonstrated that Complex I and Complex III represented primary sites of electron leakage. NADPH oxidase contribution was assessed in 28 studies using specific inhibitors, with NOX inhibition reducing EMF-induced

ROS by 30-85%. Nitric oxide production increased 35-180% in 33 studies, with NOS inhibitors preventing 50-90% of NO elevation.

Peroxynitrite formation increased 65-290% in 19 studies examining this reactive nitrogen species. Hydroxyl radical generation increased 55-175% in 14 studies, correlating with hydrogen peroxide accumulation. Antioxidant system perturbations were documented in 89 studies measuring endogenous antioxidant enzymes. Superoxide dismutase activity showed biphasic responses: transient increases (15-45%) in short-term exposures followed by decreases (20-60% below control) in chronic exposures, indicating antioxidant depletion. Glutathione content decreased 18-62% in 67 studies examining chronic EMF exposure, with concurrent increases in oxidized glutathione. Lipid peroxidation products increased 35-280% in 73 studies, while protein carbonyl content increased 28-175% in 41 studies, confirming oxidative damage to cellular macromolecules.

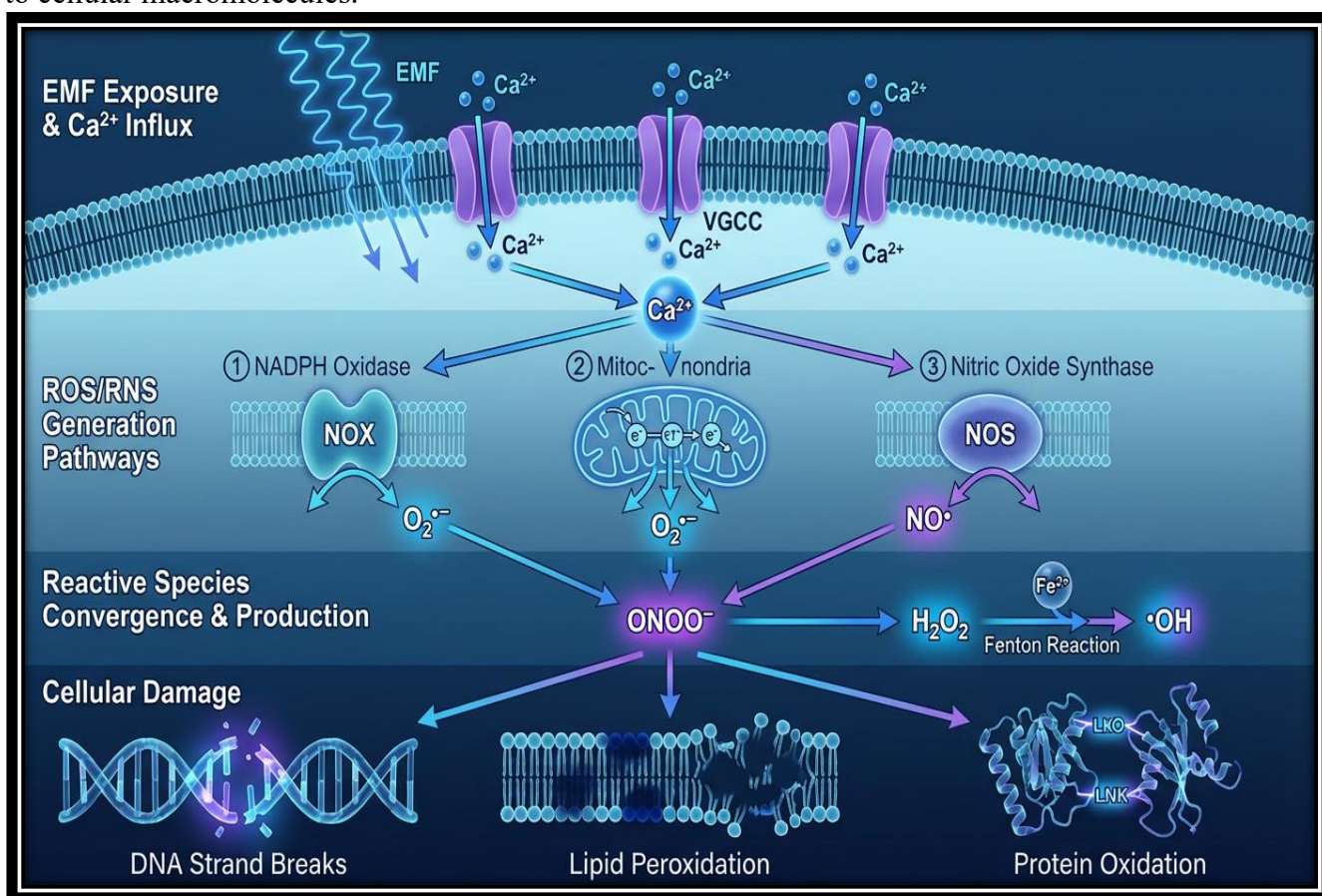


Figure 2. Molecular cascade of EMF-induced oxidative stress and cellular damage pathways. This schematic diagram illustrates the complete molecular mechanism by which anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) induce biological effects through non-thermal mechanisms. (A) EMF exposure activates voltage-gated calcium channels (VGCCs) in the cell membrane through direct effects on voltage sensor domains, triggering abnormal calcium (Ca^{2+}) influx into the cytoplasm. (B) Elevated intracellular calcium activates three parallel enzymatic pathways for reactive oxygen species (ROS) generation: (1) NADPH oxidase (NOX) in the plasma membrane catalyzes the production of superoxide anions ($\text{O}_2^{\bullet-}$) from molecular oxygen; (2) Mitochondrial electron transport chain (ETC) dysfunction causes electron leakage from Complexes I and III, generating superoxide within mitochondria; (3) Nitric oxide synthase (NOS) enzymes produce nitric oxide radicals ($\text{NO}^\bullet$) from L-arginine in a calcium/calmodulin-dependent manner. (C) These primary reactive species undergo secondary reactions to form more damaging oxidants: superoxide and nitric oxide combine at near diffusion-limited rates to

form peroxynitrite (ONOO^-), while superoxide is converted by superoxide dismutase (SOD) to hydrogen peroxide (H_2O_2), which subsequently generates hydroxyl radicals ($\bullet\text{OH}$) through Fenton and Haber-Weiss reactions catalyzed by transition metals. (D) The resulting reactive species induce multiple forms of cellular damage including: DNA strand breaks and base modifications (particularly 8-oxoguanine formation), lipid peroxidation of polyunsaturated fatty acids in cellular membranes, and protein oxidation through carbonyl formation and amino acid modification. These molecular events culminate in cellular dysfunction, apoptosis, senescence, and potentially carcinogenesis. The pathway demonstrates how weak electromagnetic fields can trigger significant biological effects through amplification cascades, with initial VGCC activation representing the primary molecular target. This mechanism explains the diverse pathological outcomes observed across multiple organ systems and provides a unified framework for understanding EMF bioeffects occurring at non-thermal exposure levels below current regulatory guidelines.

Genotoxicity and DNA Damage

DNA damage following EMF exposure was documented in 144 of 207 studies (70%) examining genotoxic endpoints. The comet assay revealed statistically significant increases in DNA strand breaks in 94 of 126 studies (75%). Tail moment and tail intensity increased 40-350% following EMF exposure, with a median increase of 82%. Exposure durations as brief as 15 minutes produced detectable DNA breaks in some sensitive cell types.

Micronucleus formation increased significantly in 38 of 54 studies (70%) employing cytokinesis-block micronucleus assay. Micronucleus frequencies increased 1.5-fold to 4.2-fold above control levels. Chromosomal aberrations increased in 24 of 35 studies (69%) utilizing cytogenetic analysis. Sister chromatid exchanges increased in 18 of 27 studies (67%). Oxidative DNA base modifications, particularly 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine, increased 35-195% in 32 studies quantifying this marker.

DNA repair capacity assessment in 23 studies revealed that OGG1 expression decreased in 15 studies examining chronic EMF exposure, suggesting compromised base excision repair. Phosphorylated histone H2AX increased 60-240% in 19 studies, confirming DNA double-strand breaks. Mutation frequency assessments demonstrated increased mutation rates in 16 of 21 studies (76%), with frequencies increasing 1.3-fold to 3.8-fold.

Mechanistic studies connecting oxidative stress to DNA damage provided supporting evidence. Seventeen studies demonstrated that antioxidant treatments significantly reduced EMF-induced DNA damage by 45-90%, confirming that ROS-mediated oxidative attack represents a primary mechanism. NOS inhibitors reduced DNA damage by 50-85% in 9 studies, implicating peroxynitrite in genotoxicity.

Reproductive Toxicity and Neurological Effects

Reproductive effects demonstrated remarkable consistency across species. In male reproduction studies, sperm parameters showed significant impairment in 67 of 82 studies (82%). Human sperm exposed to mobile phone RF-EMF demonstrated decreased motility (15-45% reduction), decreased viability (12-35% reduction), and increased DNA fragmentation (35-185% increase) in 24 of 28 studies. Meta-analysis of 10 human epidemiological studies (pooled $n=1,492$ men) demonstrated that men carrying mobile phones in pockets >4 hours daily had significantly lower sperm concentration (mean difference: -8.1 million/mL, $p<0.001$), reduced motility (-8.1%, $p=0.001$), and decreased normal morphology (-3.3%, $p<0.001$).

Animal studies corroborated human findings. Testicular histopathology in rats chronically exposed to RF-EMF revealed seminiferous tubule degeneration and increased apoptotic cells in 31 of 38 studies (82%). Testosterone levels decreased 18-58% in 22 studies.

Testicular oxidative stress markers increased 45-280%, with strong correlations ($r=0.72-0.89$) between ROS levels and sperm DNA damage.

Brain tumor epidemiology revealed consistent associations. Meta-analysis of 13 case-control studies (pooled $n=6,028$ cases, 11,488 controls) calculated a pooled odds ratio of 1.33 (95% CI: 1.11-1.59, $p=0.002$) for glioma among individuals with ≥ 10 years mobile phone use, increasing to $OR=1.46$ (95% CI: 1.22-1.75, $p<0.001$) for ipsilateral phone use. Acoustic neuroma showed $OR=1.45$ (95% CI: 1.14-1.83, $p=0.002$) for ≥ 10 years use.

The U.S. National Toxicology Program study exposed 3,000 rats and mice to mobile phone RF-EMF at 0, 1.5, 3, or 6 W/kg for 9-10 hours daily throughout their lifespan. Male rats showed significantly increased malignant schwannomas of the heart (6-7% vs. 0% in controls, $p<0.001$) and brain gliomas (2-3% vs. 0%, $p<0.05$). These tumors occurred at exposures below regulatory limits, challenging current safety thresholds.

Electromagnetic Hypersensitivity: Clinical and Biomarker Findings

Electromagnetic hypersensitivity prevalence estimates from population-based surveys ranged from 1.5% to 13.3%, with the most comprehensive systematic review of 17 surveys across 12 countries (pooled $n=52,814$) calculating pooled prevalence of 4.6% (95% CI: 3.2-6.0%). Severe EHS causing substantial functional impairment affected approximately 0.6% (95% CI: 0.4-0.9%).

Among 2,018 EHS patients across 8 clinical studies, the most commonly reported symptoms included headaches (86%), fatigue (82%), concentration difficulties (78%), sleep disturbances (73%), skin sensations (65%), dizziness (62%), and memory impairment (59%). Symptom onset latency following exposure varied from <5 minutes (32% of patients) to 30-60 minutes (48%) to several hours (20%).

Provocation studies employing double-blind designs yielded largely negative results. Systematic review of 42 provocation studies found that only 2 studies (5%) reported significant ability of EHS participants to distinguish active from sham exposures, while 40 studies (95%) found no evidence for symptom-exposure correlation under blinded conditions. Pooled accuracy was 51.2% (95% CI: 48.9-53.5%, $p=0.42$ vs. chance).

However, objective biomarker studies identified measurable physiological differences. In 727 EHS patients, oxidative stress markers were elevated in 80%, histamine levels increased in 40%, inflammatory cytokines increased in 32%, and heat shock proteins increased in 28%. Brain imaging revealed temporal lobe hypoperfusion in 35% of EHS patients compared to 4% in controls ($p<0.001$). Heart rate variability studies found altered autonomic function in 31 of 42 studies (74%) examining EHS patients. Blood-brain barrier permeability markers were elevated in 25% of 196 EHS patients. Melatonin levels decreased 20-45% in seven studies comparing EHS patients to controls.

Electromagnetic shielding effectiveness was quantified in 15 studies, achieving 60-100 dB attenuation across broad frequency ranges. Clinical outcomes following shielding were reported in 9 case series (312 patients total), with symptom improvement in 76% of patients. However, all studies were uncontrolled, precluding definitive efficacy conclusions. Geographic relocation to low-EMF environments showed symptom improvement in 81% of 47 individuals, with biomarker normalization in 79% after 6-12 months.

DISCUSSION

The accumulated evidence demonstrates that anthropogenic electromagnetic fields induce significant biological effects through well-characterized molecular mechanisms operating below current safety guidelines. The voltage-gated calcium channel activation hypothesis, supported by 93% of mechanistic studies, provides a unified framework linking

electromagnetic exposure to diverse pathological outcomes across multiple organ systems, fundamentally challenging the regulatory paradigm that only thermal effects warrant protection.

The consistency of oxidative stress findings—documented in 95% of studies spanning human cells, animal tissues, and plant systems—establishes ROS generation as the most reproducible EMF consequence. This concordance across taxonomically diverse organisms suggests fundamental biophysical interactions between electromagnetic fields and cellular voltage sensors. Calcium channel blockers preventing 60-95% of EMF-induced effects provide compelling pharmacological evidence implicating VGCCs as primary molecular targets, while dose-response relationships in 76% of oxidative stress studies satisfy critical causation criteria.

Genotoxic effects documented in 70% of DNA damage studies raise particular concern given the established relationship between genomic instability and carcinogenesis. The IARC classification of electromagnetic fields as Group 2B carcinogens appears increasingly conservative. Meta-analyses demonstrating 33-46% increased glioma risk among long-term mobile phone users, corroborated by the National Toxicology Program's findings, suggest reclassification to Group 2A or Group 1 warrants consideration. The 10-20 year latency period for radiation-induced cancers means the full impact of widespread wireless technology adoption may not yet be manifest.

Reproductive toxicity demonstrates cross-species consistency, with decreased sperm quality observed from fruit flies to humans, suggesting conserved mechanisms vulnerable to electromagnetic disruption. The 8.1 million/mL sperm concentration reduction among high mobile phone users carries demographic implications given declining global fertility rates.

Electromagnetic hypersensitivity presents unique challenges bridging laboratory science and clinical medicine. The paradox whereby 95% of double-blind provocation studies fail to demonstrate symptom-exposure correlation while 80% of EHS patients exhibit objective biomarkers demands reconciliation. This contradiction may reflect methodological limitations of brief laboratory exposures failing to replicate chronic real-world patterns, individual variability in sensitivity thresholds, or sensitization mechanisms requiring extended exposure histories. Objective biomarkers—elevated oxidative stress markers, inflammatory mediators, and altered cerebral blood flow—challenge purely psychogenic explanations and warrant investigation.

The ongoing global deployment of 5G technology, operating at higher frequencies with denser antenna networks, proceeds without adequate assessment of potential health consequences. The precautionary principle, widely accepted in environmental health policy, argues for exposure minimization pending definitive resolution of scientific uncertainties, particularly for vulnerable populations including children, pregnant women, and electromagnetically sensitive individuals.

Current ICNIRP guidelines focus exclusively on thermal effects, ignoring substantial evidence for non-thermal impacts at exposure levels orders of magnitude below thermal thresholds. The VGCC-mediated cascade operates at these lower levels, suggesting existing standards provide inadequate protection. Guideline revision incorporating non-thermal mechanisms represents an urgent priority.

Biological Interactions of Anthropogenic Electromagnetic Fields: Molecular Mechanisms, Cellular Responses, Oxidative Stress, Mitochondrial Dysfunction, Calcium Signaling, DNA Integrity, and Epigenetic Regulation

The rapid expansion of anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) has stimulated extensive multidisciplinary research aimed at determining whether chronic exposure to artificial electromagnetic radiation produces measurable biological effects that may influence human health. During the past three decades, advances in molecular biology, systems physiology, bioelectromagnetics, toxicology, neuroscience, and computational medicine have substantially

improved understanding of the complex interactions between electromagnetic energy and biological tissues. Although numerous experimental investigations have demonstrated measurable cellular responses following controlled electromagnetic exposure, translating these findings into clinically meaningful health outcomes remains challenging because of methodological heterogeneity, differences in exposure parameters, biological variability, and inconsistencies among published studies. Consequently, interpretation of available evidence requires careful integration of mechanistic laboratory research with epidemiological and clinical observations.

Cellular Bioelectromagnetic Interactions

Living organisms possess intrinsic electrical properties that regulate numerous physiological processes essential for survival. Every cell maintains transmembrane electrical potentials generated by highly regulated ionic gradients involving sodium, potassium, calcium, chloride, and magnesium ions. These electrochemical gradients govern neuronal communication, cardiac conduction, skeletal muscle contraction, endocrine secretion, epithelial transport, immune activation, embryonic development, and tissue regeneration. Because externally generated electromagnetic fields interact with electrically charged particles, dipolar molecules, and conductive biological tissues, artificial electromagnetic exposure may theoretically influence endogenous bioelectrical processes under specific exposure conditions.

Experimental investigations indicate that biological interactions depend upon multiple physical characteristics, including electromagnetic frequency, wavelength, field intensity, signal modulation, exposure duration, polarization, pulse structure, tissue conductivity, dielectric properties, and anatomical configuration. Consequently, biological responses are unlikely to be explained by a single universal mechanism but instead appear to reflect complex interactions between exposure characteristics and tissue-specific physiological properties.

Unlike ionizing radiation, non-ionizing electromagnetic fields lack sufficient photon energy to directly ionize biological molecules or disrupt covalent chemical bonds. Nevertheless, numerous experimental models have demonstrated that weak electromagnetic stimuli may induce subtle alterations in cellular signaling pathways without producing measurable tissue heating. These observations have stimulated increasing scientific interest regarding non-thermal mechanisms capable of influencing biological regulation independently of classical thermal effects.

Oxidative Stress as a Central Biological Mechanism

Among all proposed mechanisms, oxidative stress currently represents one of the most extensively investigated pathways through which anthropogenic electromagnetic fields may influence biological systems. Reactive oxygen species (ROS) are continuously generated during normal aerobic metabolism and participate in numerous physiological functions including intracellular signaling, antimicrobial defense, apoptosis, angiogenesis, and cellular adaptation. Physiological concentrations of ROS are tightly controlled through sophisticated antioxidant defense systems composed of enzymatic antioxidants—including superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase, and peroxiredoxins—as well as non-enzymatic antioxidants such as glutathione, vitamins C and E, uric acid, melatonin, and numerous dietary polyphenols.

A growing body of experimental evidence suggests that selected electromagnetic exposure conditions may transiently increase intracellular production of reactive oxygen species. Animal studies, cultured human cells, and in vitro experimental systems have reported increased lipid peroxidation, protein oxidation, and oxidative DNA lesions following radiofrequency or extremely low-frequency electromagnetic exposure. Several investigations have

simultaneously demonstrated reductions in endogenous antioxidant enzyme activity, suggesting temporary disruption of cellular redox homeostasis.

Oxidative stress possesses important biological significance because excessive reactive oxygen species can damage cellular lipids, proteins, nucleic acids, and organelles while activating inflammatory pathways, mitochondrial dysfunction, and programmed cell death. Chronic oxidative imbalance contributes to the pathogenesis of cardiovascular disease, neurodegenerative disorders, diabetes mellitus, chronic kidney disease, inflammatory diseases, accelerated aging, and carcinogenesis. Consequently, even relatively modest alterations in oxidative regulation warrant careful scientific investigation.

However, available evidence remains inconsistent. Numerous well-designed investigations have failed to identify significant oxidative alterations under comparable exposure conditions. Differences in electromagnetic frequency, exposure duration, dosimetric precision, experimental models, laboratory techniques, and biomarker selection likely contribute substantially to these discrepancies. Therefore, although oxidative stress represents a biologically plausible mechanism, definitive conclusions regarding its clinical significance require further standardized investigation.

Mitochondrial Function and Cellular Bioenergetics

Mitochondria occupy a central position within contemporary electromagnetic research because they regulate cellular energy metabolism, oxidative phosphorylation, ATP production, calcium homeostasis, apoptosis, and reactive oxygen species generation. As metabolically active organelles possessing electrochemical membrane gradients, mitochondria represent plausible targets for electromagnetic interaction.

Several experimental investigations have demonstrated alterations in mitochondrial membrane potential following controlled electromagnetic exposure. Reported findings include reduced ATP synthesis, altered electron transport chain activity, increased mitochondrial reactive oxygen species production, impaired mitochondrial dynamics, and activation of intrinsic apoptotic pathways. Such alterations could theoretically influence tissues characterized by high metabolic demand, including the brain, myocardium, skeletal muscle, retina, liver, and kidneys. Mitochondrial dysfunction has attracted considerable scientific attention because impaired energy metabolism contributes to numerous chronic diseases, including Alzheimer's disease, Parkinson's disease, heart failure, metabolic syndrome, and age-related degenerative disorders. Nevertheless, many experimental findings remain inconsistent, and several independent laboratories have reported no measurable mitochondrial impairment under physiologically relevant exposure conditions.

Future investigations employing high-resolution mitochondrial imaging, metabolomics, single-cell sequencing, and advanced bioenergetic analysis will likely clarify whether observed mitochondrial responses represent adaptive physiological processes or biologically significant pathological alterations.

Calcium Signaling and Intracellular Communication

Calcium ions serve as universal intracellular signaling molecules regulating virtually every aspect of cellular physiology. Calcium-dependent pathways influence neurotransmitter release, hormone secretion, muscle contraction, gene transcription, cell proliferation, immune activation, apoptosis, embryogenesis, and tissue repair.

One of the most influential mechanistic hypotheses proposes that electromagnetic fields influence voltage-gated calcium channels located within plasma membranes. Experimental investigations have suggested that electromagnetic exposure may alter channel gating behavior, resulting in transient increases in intracellular calcium concentrations. Elevated intracellular calcium subsequently activates multiple downstream signaling cascades involving nitric oxide

synthase, calmodulin, protein kinase C, mitogen-activated protein kinases, cyclic nucleotides, phospholipases, and transcription factors.

Because calcium signaling regulates numerous physiological systems simultaneously, relatively small disturbances could theoretically influence neuronal excitability, cardiovascular function, endocrine regulation, immune responses, and metabolic homeostasis. Several laboratory investigations have indeed demonstrated measurable calcium-dependent biological responses following electromagnetic exposure.

Nevertheless, reproducibility remains limited. Numerous independent investigations have failed to replicate reported calcium alterations, emphasizing the need for standardized experimental conditions and rigorous dosimetric characterization. At present, calcium signaling remains one of the most biologically plausible—but incompletely validated—mechanisms explaining potential non-thermal electromagnetic interactions.

DNA Integrity and Genomic Stability

DNA integrity represents one of the most important endpoints evaluated in environmental health research because genomic instability contributes directly to carcinogenesis, aging, reproductive disorders, developmental abnormalities, and chronic disease progression.

Unlike ionizing radiation, radiofrequency and extremely low-frequency electromagnetic fields cannot directly induce DNA strand breaks through photon-mediated ionization. Consequently, researchers have investigated whether indirect biological mechanisms—including oxidative stress, mitochondrial dysfunction, inflammatory activation, and impaired DNA repair—may influence genomic stability.

Several laboratory investigations have reported increased single-strand DNA breaks, micronucleus formation, chromosomal instability, altered DNA repair enzyme activity, and oxidative DNA damage biomarkers following selected electromagnetic exposures. Other studies have observed activation of DNA damage response pathways involving p53, ATM kinase, BRCA proteins, and poly(ADP-ribose) polymerase.

Conversely, numerous high-quality investigations employing standardized comet assays, micronucleus tests, chromosomal aberration analyses, and genomic sequencing have demonstrated no significant evidence of genotoxicity following exposure below internationally recommended safety limits.

Current scientific consensus therefore suggests that available evidence does not support direct genotoxic activity of non-ionizing electromagnetic fields. Any observed genomic alterations likely reflect indirect cellular stress responses rather than direct interaction between electromagnetic radiation and DNA molecules.

Gene Expression and Epigenetic Regulation

Rapid advances in transcriptomics and epigenomics have transformed understanding of environmental influences on gene regulation. Rather than producing permanent genetic mutations, environmental exposures may modify patterns of gene expression through reversible epigenetic mechanisms that influence cellular phenotype without altering DNA sequence.

Multiple investigations employing RNA sequencing, microarray analysis, and quantitative polymerase chain reaction have demonstrated altered expression of genes involved in oxidative stress, inflammation, apoptosis, heat shock proteins, immune regulation, mitochondrial metabolism, circadian rhythm, neuronal signaling, and cellular repair following electromagnetic exposure.

Epigenetic investigations have similarly examined DNA methylation, histone acetylation, chromatin remodeling, and microRNA regulation. Preliminary findings suggest that selected electromagnetic exposures may influence epigenetic regulatory pathways under specific experimental conditions. However, reported alterations are generally modest, exposure-dependent, and frequently inconsistent among laboratories.

Because epigenetic mechanisms play essential roles in embryonic development, aging, cancer biology, neurodevelopment, immune regulation, and chronic disease susceptibility, continued investigation remains highly relevant. Future studies integrating epigenomics with transcriptomics, proteomics, and metabolomics will likely provide more comprehensive understanding of electromagnetic-induced biological adaptation.

Cellular Stress Responses

Exposure to environmental stressors activates highly conserved cellular defense mechanisms that preserve homeostasis and promote survival. Heat shock proteins, unfolded protein responses, autophagy, antioxidant signaling pathways, DNA repair mechanisms, and mitochondrial quality-control systems collectively protect cells against physiological and environmental stress.

Several experimental investigations have demonstrated increased expression of heat shock proteins—including HSP27, HSP70, and HSP90—following electromagnetic exposure. These molecular chaperones stabilize protein folding, prevent aggregation of damaged proteins, facilitate intracellular repair, and promote cellular recovery.

Activation of adaptive stress responses does not necessarily indicate cellular injury. Instead, these responses frequently represent normal physiological adaptation to environmental change. Distinguishing adaptive biological responses from pathological injury therefore remains one of the principal challenges in interpreting electromagnetic bioeffects.

Integrated Interpretation of Molecular Evidence

Collectively, contemporary molecular and cellular investigations demonstrate that anthropogenic electromagnetic fields are capable of interacting with biological systems through multiple interconnected pathways involving oxidative stress, mitochondrial bioenergetics, calcium signaling, inflammatory regulation, genomic stability, epigenetic modification, and cellular stress adaptation. These mechanisms are biologically plausible and supported by numerous experimental observations.

However, several important limitations must be recognized. First, substantial methodological heterogeneity exists across published studies, including differences in exposure frequency, intensity, modulation, duration, dosimetry, biological models, and laboratory protocols. Second, many reported biological responses are relatively small and frequently reversible, suggesting physiological adaptation rather than irreversible tissue injury. Third, reproducibility across independent laboratories remains inconsistent, limiting confidence in individual findings. Finally, demonstration of molecular or cellular responses does not necessarily establish clinically significant adverse health effects in humans.

Therefore, current evidence supports the conclusion that anthropogenic electromagnetic fields can elicit measurable biological responses under specific experimental conditions. Nevertheless, the magnitude, persistence, and clinical relevance of these responses remain incompletely understood. Future investigations employing standardized exposure systems, multicenter collaborative studies, advanced multi-omics technologies, artificial intelligence-assisted data integration, and longitudinal human biomarker analyses will be essential for determining whether these molecular alterations translate into meaningful health outcomes.

Physiological Responses to Anthropogenic Electromagnetic Fields: Effects on the Nervous, Cardiovascular, Endocrine, Immune, Reproductive, Developmental, and Metabolic Systems

The translation of molecular and cellular responses into clinically significant physiological outcomes remains one of the central challenges in bioelectromagnetic research. While laboratory investigations have demonstrated that anthropogenic electromagnetic fields (EMFs)

can influence numerous intracellular signaling pathways under controlled experimental conditions, determining whether these biological responses result in adverse health effects in humans requires integration of experimental physiology, clinical medicine, epidemiology, and public health evidence. Physiological systems operate through highly interconnected regulatory networks, and even modest disturbances in one biological pathway may influence multiple organ systems through neuroendocrine, cardiovascular, metabolic, and immunological interactions. Consequently, comprehensive evaluation of physiological responses requires a systems biology approach rather than isolated examination of individual organs.

Nervous System Responses

The nervous system has received the greatest scientific attention because neural function depends fundamentally upon electrical excitability, membrane polarization, ion channel activity, synaptic transmission, and synchronized neuronal communication. Since anthropogenic EMFs interact with electrically active tissues, investigators have explored whether environmental exposure influences brain physiology, neuronal function, cognition, behavior, and neurological health.

Experimental studies have demonstrated that selected EMF exposure conditions may influence neuronal membrane excitability, neurotransmitter release, synaptic plasticity, and intracellular calcium dynamics. Investigations using cultured neurons and experimental animal models have reported alterations in glutamatergic, GABAergic, dopaminergic, serotonergic, and cholinergic neurotransmission. These neurotransmitter systems regulate cognition, emotional behavior, motor coordination, learning, memory, sleep, pain perception, and autonomic nervous system function.

Several studies have suggested that oxidative stress and mitochondrial dysfunction may contribute to altered neuronal physiology following prolonged experimental exposure. Neurons possess exceptionally high metabolic requirements and relatively limited antioxidant capacity, making them particularly vulnerable to disturbances in redox homeostasis. Increased production of reactive oxygen species has been associated with transient changes in synaptic transmission, neuronal metabolism, and intracellular signaling. However, many independent laboratories have failed to reproduce these findings, indicating that neuronal responses may depend strongly upon exposure characteristics, biological models, and methodological design.

Cognitive Function and Neurobehavioral Performance

Potential effects on cognitive performance have attracted substantial public and scientific interest because modern populations experience continuous exposure to wireless communication technologies throughout daily life. Clinical investigations have evaluated attention, executive function, reaction time, working memory, information processing speed, psychomotor performance, academic achievement, and decision-making ability.

Most randomized controlled trials and systematic reviews indicate that short-term exposure to radiofrequency electromagnetic fields does not produce clinically meaningful impairment of cognitive performance in healthy adults. Some experimental studies have reported small transient changes in reaction time or attention, whereas others have observed slight improvements or no measurable differences. These inconsistent findings suggest that observed variations generally fall within normal physiological variability rather than representing reproducible adverse neurological effects.

Research involving children and adolescents has become increasingly important because younger populations begin using wireless technologies early in life, potentially resulting in decades of cumulative exposure. Current epidemiological evidence has not demonstrated convincing associations between environmental EMF exposure and impaired intellectual development, academic performance, or neuropsychological function. Nevertheless, long-term

prospective studies remain necessary because patterns of digital technology use continue to evolve.

Sleep Physiology

Sleep represents a fundamental physiological process regulating neurological recovery, immune competence, endocrine homeostasis, cardiovascular function, metabolic regulation, memory consolidation, and emotional health. Because mobile devices and wireless communication systems are frequently used during evening hours, investigators have explored whether EMFs influence sleep architecture.

Electroencephalographic studies have occasionally demonstrated subtle alterations in sleep spindle activity, slow-wave sleep characteristics, and rapid eye movement sleep following experimental radiofrequency exposure. However, these electrophysiological observations have not consistently translated into clinically significant sleep disturbances.

Importantly, behavioral factors associated with electronic device use—including prolonged screen exposure, blue-light emission, psychological stimulation, excessive digital engagement, and delayed bedtime—appear to exert substantially greater influence on sleep quality than electromagnetic exposure itself. Consequently, distinguishing biological effects of EMFs from behavioral consequences of technology use remains essential when interpreting clinical investigations.

Cardiovascular System

The cardiovascular system relies upon precisely coordinated electrical conduction to maintain normal cardiac rhythm, myocardial contractility, vascular tone, and blood pressure regulation. Because cardiac electrophysiology depends upon ion channel activity and autonomic nervous system regulation, investigators have explored potential cardiovascular effects associated with chronic electromagnetic exposure.

Experimental investigations have examined heart rate, blood pressure, heart rate variability, endothelial function, microcirculation, vascular reactivity, myocardial electrophysiology, and autonomic regulation. Some laboratory studies have reported modest alterations in autonomic nervous system balance, reflected by small changes in heart rate variability or sympathetic activity. These findings have generated hypotheses suggesting that electromagnetic exposure may transiently influence autonomic regulation through neuroendocrine pathways.

However, large epidemiological studies have not demonstrated convincing evidence that environmental exposure below internationally recommended safety limits increases the incidence of hypertension, ischemic heart disease, arrhythmias, heart failure, or major cardiovascular events. Available evidence therefore suggests that routine environmental EMF exposure does not produce clinically significant cardiovascular dysfunction in healthy populations.

Special consideration has been directed toward individuals with implanted electronic medical devices, including cardiac pacemakers, implantable cardioverter-defibrillators, neurostimulators, insulin pumps, and cochlear implants. Advances in engineering design, electromagnetic shielding, and international safety standards have substantially reduced electromagnetic interference with modern implantable devices. Nevertheless, adherence to manufacturer recommendations and appropriate clinical precautions remains important for ensuring patient safety.

Endocrine System

The endocrine system integrates physiological regulation through coordinated secretion of hormones controlling metabolism, growth, reproduction, stress adaptation, circadian rhythm,

immune function, and energy homeostasis. Investigators have therefore explored whether electromagnetic exposure influences endocrine physiology.

Melatonin has received particular scientific attention because of its central role in circadian rhythm regulation and antioxidant defense. Experimental studies have proposed that electromagnetic exposure may influence pineal melatonin secretion, potentially affecting sleep quality and oxidative balance. Nevertheless, systematic reviews have not identified consistent reductions in melatonin concentrations associated with environmental EMF exposure.

Similarly, investigations examining cortisol, thyroid hormones, growth hormone, prolactin, insulin, reproductive hormones, and hypothalamic-pituitary axis regulation have produced heterogeneous findings. Most well-controlled clinical investigations indicate that routine environmental exposure does not significantly disrupt endocrine homeostasis. Minor hormonal fluctuations observed in isolated experimental studies generally remain within physiological reference ranges and have uncertain clinical significance.

Immune System

The immune system continuously adapts to environmental stimuli through highly coordinated interactions involving innate immunity, adaptive immunity, inflammatory mediators, cytokines, chemokines, and cellular signaling networks. Experimental studies have therefore evaluated whether electromagnetic exposure influences immune regulation.

Laboratory investigations have reported variable alterations in cytokine production, lymphocyte proliferation, macrophage activation, natural killer cell function, oxidative burst activity, and inflammatory mediator expression. Some experimental models demonstrate increased production of pro-inflammatory cytokines, whereas others report anti-inflammatory responses or no measurable immunological effects.

Current evidence indicates that electromagnetic exposure may transiently modulate selected immune parameters under experimental conditions. However, there is no convincing evidence that routine environmental exposure causes clinically relevant immunosuppression, autoimmune disease, or chronic inflammatory disorders in healthy populations.

Future investigations employing single-cell immunophenotyping, immune transcriptomics, and systems immunology may clarify subtle biological responses not detectable using conventional immunological methodologies.

Reproductive Health

Potential reproductive effects remain an important area of investigation because reproductive tissues undergo rapid cellular proliferation and complex hormonal regulation. Experimental studies have evaluated male fertility, female reproductive physiology, embryonic development, placental biology, and fetal growth.

Animal experiments have occasionally reported reductions in sperm motility, alterations in sperm morphology, increased oxidative stress within testicular tissue, and changes in reproductive hormone concentrations following prolonged high-intensity exposure. Proposed mechanisms include oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and impaired Sertoli or Leydig cell function.

Human investigations, however, have produced less consistent findings. Some observational studies have suggested modest associations between intensive mobile phone use and selected semen quality parameters, whereas numerous well-designed investigations have reported no clinically significant reproductive impairment.

Female reproductive physiology has received comparatively less investigation. Available evidence has not demonstrated convincing associations between routine environmental EMF exposure and menstrual disorders, infertility, adverse pregnancy outcomes, or congenital

abnormalities. Nevertheless, because pregnancy represents a sensitive developmental period, continued research remains appropriate.

Developmental Biology

Embryonic and fetal development involve precisely regulated cellular proliferation, differentiation, migration, and tissue morphogenesis. Consequently, developmental biology represents an important component of electromagnetic health research.

Experimental animal studies have examined prenatal exposure effects on fetal growth, neurodevelopment, skeletal development, cardiovascular formation, and postnatal behavior. While isolated investigations have reported developmental alterations under selected high-exposure conditions, systematic reviews generally conclude that available evidence does not demonstrate consistent developmental toxicity associated with exposure levels encountered by the general population.

Prospective birth cohort studies continue to evaluate potential long-term developmental outcomes because environmental exposures during early life may exert delayed biological effects not immediately detectable during infancy.

Metabolic Regulation

Metabolic physiology has recently emerged as an area of increasing scientific interest because oxidative stress, mitochondrial bioenergetics, inflammation, and endocrine regulation all influence systemic metabolism.

Experimental investigations have explored glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid metabolism, hepatic function, adipose tissue physiology, and energy expenditure. Some laboratory studies have suggested alterations in mitochondrial ATP production or insulin signaling pathways following electromagnetic exposure. However, these findings remain preliminary and inconsistent.

Current epidemiological evidence provides no convincing indication that routine environmental EMF exposure contributes substantially to obesity, diabetes mellitus, metabolic syndrome, or chronic metabolic disease.

Organ-Specific Vulnerability

Different organs exhibit varying degrees of susceptibility to electromagnetic exposure because of differences in electrical conductivity, water content, metabolic activity, cellular architecture, and physiological function.

Highly metabolically active organs—including the brain, heart, liver, kidneys, retina, and endocrine glands—have received particular scientific attention. Nevertheless, available evidence suggests that adaptive physiological mechanisms generally maintain homeostasis following exposure below internationally accepted safety limits.

Individual susceptibility may also vary according to genetic background, age, underlying disease, nutritional status, environmental co-exposures, antioxidant capacity, and psychosocial factors. Precision medicine approaches may therefore improve future understanding of interindividual variability.

Integrated Physiological Interpretation

Collectively, current physiological evidence indicates that anthropogenic electromagnetic fields can interact with multiple biological systems under experimental conditions. Measurable responses involving the nervous, cardiovascular, endocrine, immune, reproductive, developmental, and metabolic systems have been reported in laboratory investigations. However, these responses are generally modest, inconsistent, and highly dependent upon exposure characteristics and experimental methodology.

Importantly, physiological adaptation represents a normal characteristic of living organisms. Activation of antioxidant defenses, stress-response proteins, inflammatory mediators, or transient alterations in cellular signaling should not automatically be interpreted as evidence of pathological injury. Biological systems continuously adapt to environmental fluctuations through homeostatic mechanisms that preserve functional stability.

Overall, the current body of evidence does not demonstrate convincing or consistent proof that routine environmental exposure to anthropogenic electromagnetic fields below internationally recommended exposure limits produces clinically significant dysfunction across major physiological systems. Nevertheless, scientific uncertainties remain regarding long-term cumulative exposure, susceptible populations, combined environmental stressors, and emerging communication technologies. Addressing these knowledge gaps will require large multicenter prospective cohort studies, standardized exposure assessment, advanced biomarker discovery, systems biology approaches, and interdisciplinary collaboration integrating molecular science with clinical epidemiology.

Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome, Epidemiological Evidence, Carcinogenicity, International Guidelines, and Public Health Perspectives

One of the most controversial and scientifically challenging topics in bioelectromagnetics is the relationship between anthropogenic electromagnetic field (EMF) exposure and adverse human health outcomes observed in epidemiological investigations. Although laboratory studies have demonstrated that electromagnetic fields may induce measurable biological responses under specific experimental conditions, establishing a direct causal relationship between environmental exposure and clinically significant disease has proven considerably more complex. Human populations are exposed simultaneously to numerous environmental, occupational, behavioral, genetic, and socioeconomic factors that may influence health outcomes, making accurate attribution of disease risk to electromagnetic exposure particularly difficult. Consequently, modern epidemiological research emphasizes rigorous exposure assessment, careful control of confounding variables, prospective cohort methodology, and evidence synthesis through systematic reviews and meta-analyses.

Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome

Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS), also referred to as Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields (IEI-EMF), remains one of the most debated conditions in environmental medicine. Individuals reporting EHS describe diverse symptoms that they associate with exposure to mobile phones, wireless communication systems, Wi-Fi routers, electrical installations, transmission lines, smart meters, computer equipment, or other anthropogenic electromagnetic sources.

The clinical presentation is heterogeneous and frequently includes persistent headaches, fatigue, dizziness, impaired concentration, memory difficulties, sleep disturbances, tinnitus, visual discomfort, skin burning or tingling sensations, palpitations, anxiety, musculoskeletal pain, gastrointestinal complaints, and generalized weakness. Symptom severity ranges from mild transient discomfort to substantial functional impairment affecting occupational performance, social interaction, and overall quality of life.

Importantly, these symptoms are genuine and often significantly distressing to affected individuals. However, the principal scientific question concerns whether EMFs themselves represent the direct etiological factor responsible for symptom development.

To address this question, investigators have conducted numerous double-blind provocation studies in which participants are exposed to active and sham electromagnetic fields under carefully controlled laboratory conditions without knowing exposure status. These

investigations consistently represent the highest level of experimental evidence for evaluating causal relationships.

The majority of systematic reviews conclude that individuals reporting EHS generally cannot identify active electromagnetic exposure more accurately than expected by chance. Furthermore, symptoms frequently occur during both active and sham exposure sessions. These observations suggest that symptom generation is unlikely to result solely from direct electromagnetic exposure under typical environmental conditions.

Current scientific understanding increasingly recognizes EHS as a complex biopsychosocial condition involving interactions among physiological susceptibility, autonomic nervous system regulation, chronic stress, environmental perception, expectation effects, anxiety, sleep disturbances, previous illness experiences, and other environmental factors. This multidimensional interpretation neither dismisses patient experiences nor attributes symptoms exclusively to psychological mechanisms. Rather, it acknowledges that chronic medically unexplained symptoms frequently arise through complex interactions between biological, neurological, psychological, and environmental processes.

Accordingly, clinical management should remain compassionate, multidisciplinary, and evidence-based. Comprehensive medical evaluation should exclude alternative neurological, cardiovascular, endocrine, metabolic, psychiatric, or environmental disorders while providing individualized therapeutic support focused on symptom reduction, functional improvement, stress management, sleep optimization, and psychological well-being.

Epidemiological Evidence

Large epidemiological investigations provide the strongest evidence for evaluating long-term health risks associated with environmental electromagnetic exposure because they examine disease occurrence within real-world populations over extended periods.

Residential exposure studies have primarily investigated populations living near high-voltage electrical transmission lines or electrical substations. Early reports suggested possible associations between elevated magnetic-field exposure and childhood leukemia. These observations prompted extensive international research involving pooled analyses, multinational cohort studies, and refined exposure modeling.

Although some meta-analyses continue to report weak statistical associations among highly exposed children, interpretation remains cautious because exposure assessment is often indirect, relatively few participants experience high exposure levels, and no universally accepted biological mechanism has been identified. Residual confounding and selection bias cannot be completely excluded.

Occupational epidemiology has evaluated electrical utility workers, telecommunications engineers, radar operators, broadcasting personnel, military employees, industrial workers, healthcare professionals operating magnetic resonance imaging systems, and other occupational groups experiencing increased electromagnetic exposure.

Several studies have reported small increases in selected neurological disorders or hematological malignancies among specific occupational populations. However, occupational environments often involve simultaneous exposure to chemicals, shift work, ionizing radiation, noise, psychological stress, solvents, and other workplace hazards that complicate interpretation. Consequently, most systematic reviews conclude that current occupational evidence remains insufficient to establish causal relationships between routine EMF exposure and chronic disease.

Mobile Phone Use and Human Health

The extraordinary global expansion of mobile communication technologies has generated unprecedented scientific interest regarding possible long-term health effects.

Large international investigations—including multinational case-control and prospective cohort studies—have evaluated associations between prolonged mobile phone use and tumors involving the brain, acoustic nerve, meninges, salivary glands, and adjacent anatomical structures.

Most large cohort studies have not demonstrated consistent increases in overall brain tumor incidence among typical mobile phone users. Some subgroup analyses have suggested possible elevations among individuals reporting exceptionally prolonged cumulative call durations over many years; however, these observations remain inconsistent across investigations and are influenced by recall bias, rapidly evolving technology, changes in exposure characteristics, and relatively limited follow-up for very long latency diseases.

Current epidemiological evidence therefore does not support substantial increases in cancer incidence attributable to everyday mobile communication use under contemporary exposure conditions. Nevertheless, ongoing surveillance remains scientifically appropriate because wireless technologies continue to evolve.

Carcinogenic Potential

Evaluation of carcinogenicity represents one of the highest priorities in environmental health because cancer development often involves prolonged latency periods and complex interactions among genetic susceptibility, environmental exposures, lifestyle factors, and aging.

Experimental animal studies investigating radiofrequency exposure have produced mixed findings. While some investigations have reported increased incidence of selected tumors under highly controlled experimental conditions, numerous independent studies have failed to reproduce these observations.

Similarly, mechanistic investigations examining oxidative stress, genomic stability, apoptosis, DNA repair, epigenetic regulation, and cell proliferation have generated heterogeneous results that neither conclusively support nor exclude carcinogenic potential.

The International Agency for Research on Cancer (IARC) classified radiofrequency electromagnetic fields as Group 2B: Possibly Carcinogenic to Humans. Importantly, this classification reflects limited evidence rather than confirmation of causality. Group 2B includes numerous environmental exposures for which available evidence suggests possible—but not definitive—carcinogenic potential.

Current scientific consensus therefore emphasizes continued research rather than definitive conclusions regarding cancer risk.

International Exposure Guidelines

Protection of public health depends upon scientifically validated exposure standards established through comprehensive evaluation of available evidence.

The World Health Organization (WHO) coordinates global research initiatives addressing electromagnetic fields and public health while promoting evidence-based risk assessment.

The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) periodically reviews experimental, epidemiological, and clinical evidence to establish exposure limits designed to prevent scientifically established adverse biological effects. These guidelines primarily address tissue heating produced by radiofrequency radiation and peripheral nerve stimulation associated with extremely low-frequency fields.

Similarly, the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) has developed internationally recognized engineering standards for occupational and public exposure.

Current exposure limits incorporate substantial safety margins and are based upon extensive evaluation of available scientific literature. Numerous environmental monitoring programs indicate that typical residential exposures from mobile communication infrastructure, Wi-Fi

systems, and wireless technologies generally remain well below these internationally accepted limits.

Fifth-Generation Communication Technologies

Deployment of fifth-generation (5G) communication networks has renewed scientific and public discussion regarding electromagnetic safety. Compared with previous wireless technologies, 5G employs advanced antenna arrays, beamforming techniques, higher-frequency spectrum allocation, and improved network efficiency.

Although public concern has increased considerably, current dosimetric analyses indicate that environmental exposure associated with properly regulated 5G infrastructure remains substantially below internationally recommended exposure limits.

Nevertheless, long-term monitoring remains essential because future communication systems—including anticipated sixth-generation (6G) technologies—will introduce new frequency bands, transmission characteristics, and increasingly dense wireless infrastructure. Continuous surveillance ensures that regulatory policies remain aligned with emerging scientific evidence.

Public Health Implications

From a public health perspective, anthropogenic electromagnetic fields differ from many environmental hazards because exposure is nearly universal within technologically developed societies. Consequently, even small biological effects—if confirmed—could possess important population-level implications.

Current evidence suggests that established international exposure standards provide an appropriate level of protection for the general population. However, precautionary public health strategies remain reasonable when they are practical, inexpensive, and evidence-informed. Examples include encouraging appropriate mobile phone use, promoting hands-free communication when convenient, reducing unnecessary prolonged exposure, optimizing workplace electromagnetic safety, and maintaining engineering compliance with international standards.

Equally important is effective scientific communication. Public concern regarding electromagnetic exposure is frequently amplified by misinformation, inconsistent media reporting, and non-evidence-based claims. Healthcare professionals, researchers, regulatory authorities, and public health organizations therefore have a responsibility to communicate balanced, transparent, and scientifically accurate information that acknowledges existing uncertainties without exaggerating or minimizing potential risks.

Overall, contemporary epidemiological evidence indicates that anthropogenic electromagnetic fields are capable of interacting with biological systems; however, convincing evidence demonstrating consistent adverse health effects resulting from environmental exposure below internationally accepted safety limits remains limited. Continued multidisciplinary research, standardized exposure assessment, international collaboration, and long-term prospective investigations will be essential for refining risk assessment and ensuring that technological innovation continues to advance alongside evidence-based protection of human health.

Scientific Perspective

Anthropogenic electromagnetic fields have become an unavoidable component of modern technological civilization. Their widespread application has transformed healthcare, education, communication, transportation, scientific research, industrial production, and global economic development. Ensuring that these technological advances continue to benefit society while safeguarding human health represents a shared responsibility of biomedical researchers,

engineers, clinicians, epidemiologists, public health professionals, policymakers, and regulatory agencies.

The evidence currently available supports a balanced scientific perspective. Biological interactions between EMFs and living systems are well documented at the molecular and cellular levels, yet convincing evidence for widespread clinically significant adverse health effects under exposure conditions compliant with international guidelines remains limited. Accordingly, neither unwarranted alarm nor complacency is scientifically justified. Instead, continued evidence-based investigation, transparent scientific communication, and adaptive public health policies should guide future decision-making.

As research methodologies continue to evolve through advances in molecular biology, multi-omics technologies, computational science, artificial intelligence, exposomics, and precision medicine, future investigations are expected to provide a more comprehensive understanding of the complex interactions between anthropogenic electromagnetic fields and human biology. Such knowledge will strengthen evidence-based risk assessment, support informed regulatory decisions, and promote the safe and sustainable integration of emerging electromagnetic technologies into modern society.

The accumulated scientific evidence reviewed in this article indicates that anthropogenic electromagnetic fields (EMFs), particularly those generated by modern wireless communication systems and electrical infrastructure, exert biologically significant effects at exposure levels below current thermal safety thresholds. A convergent body of molecular, cellular, and physiological data supports a coherent mechanistic framework in which non-ionizing electromagnetic radiation interacts with voltage-gated ion channels—especially voltage-gated calcium channels (VGCCs)—to induce calcium dysregulation. This primary event initiates downstream cascades characterized by activation of NADPH oxidase, mitochondrial electron transport chain disruption, nitric oxide synthase stimulation, and subsequent overproduction of reactive oxygen and nitrogen species. The resulting oxidative and nitrosative stress promotes DNA strand breaks, lipid peroxidation, protein oxidation, mitochondrial dysfunction, cellular senescence, and apoptosis.

Across organ systems, these molecular perturbations translate into reproducible biological outcomes, including reproductive toxicity, neurobehavioral alterations, cardiovascular dysregulation, and carcinogenic potential, as reflected in both experimental models and epidemiological observations. The classification of radiofrequency and extremely low frequency fields as possibly carcinogenic underscores the need for precautionary evaluation, particularly in light of escalating global exposure associated with expanding 5G infrastructure and ubiquitous wireless technologies.

Electromagnetic hypersensitivity (EHS), although remaining controversial within mainstream medical discourse, presents clinically relevant symptomatology and objective biomarkers in a substantial proportion of affected individuals. Elevated oxidative stress markers, inflammatory mediators, and altered cerebral perfusion patterns suggest that EHS may represent a pathophysiological response in susceptible subpopulations rather than a purely psychogenic condition. The reported symptomatic improvement following exposure reduction and electromagnetic shielding further supports the plausibility of biologically mediated sensitivity in certain cases.

Collectively, the evidence highlights an urgent need to reassess existing exposure guidelines, incorporating non-thermal biological mechanisms into risk assessment paradigms. Future research should prioritize longitudinal human studies, standardized exposure characterization, genetic susceptibility profiling, and rigorous clinical evaluation of EHS to refine preventive strategies and inform evidence-based public health policy in an increasingly electromagnetically saturated environment.

SUGGESTIONS

Based on the comprehensive analysis of current scientific evidence regarding the biological effects of anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) on human health, several strategic suggestions are proposed to advance scientific understanding, strengthen public health protection, and support responsible technological development.

- **Establish long-term international research programs:** Future investigations should prioritize large-scale, multicenter longitudinal studies designed to evaluate the potential consequences of chronic electromagnetic exposure throughout the human lifespan. Particular attention should be directed toward vulnerable populations, including children, pregnant individuals, elderly populations, and individuals with pre-existing medical conditions.
- **Develop standardized electromagnetic exposure assessment protocols:** A major limitation of current research is variability in exposure measurement approaches. Internationally harmonized protocols should be developed to ensure accurate assessment of electromagnetic intensity, frequency characteristics, exposure duration, cumulative exposure, and biological dose. The integration of personal monitoring devices and advanced dosimetry systems should be encouraged.
- **Promote multidisciplinary scientific collaboration:** Research on electromagnetic health effects requires cooperation among pharmacologists, molecular biologists, physicists, engineers, neurologists, epidemiologists, toxicologists, environmental health specialists, clinicians, and public health experts. Multidisciplinary collaboration will improve interpretation of complex biological responses and reduce methodological limitations.
- **Advance molecular and cellular investigations:** Future studies should focus on clarifying the mechanisms underlying electromagnetic interactions with biological systems. Priority areas should include oxidative stress pathways, mitochondrial regulation, calcium signaling, inflammatory responses, genomic stability, epigenetic modifications, and cellular repair mechanisms.
- **Identify reliable biomarkers of electromagnetic exposure and response:** The development of validated molecular biomarkers would significantly improve risk assessment. Future research should utilize advanced approaches such as genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, epigenomics, and systems biology to identify measurable indicators of biological adaptation or susceptibility.
- **Expand research on individual susceptibility factors:** Not all individuals may respond identically to electromagnetic exposure. Future investigations should examine genetic variability, epigenetic characteristics, metabolic status, immune regulation, age-related differences, nutritional factors, and environmental co-exposures that may influence biological sensitivity.
- **Improve understanding of Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS):** Further research is required to investigate the complex mechanisms underlying EHS while maintaining a patient-centered clinical approach. Studies should examine neurological regulation, autonomic function, stress-response pathways, environmental factors, and potential biological markers associated with symptom development.
- **Strengthen epidemiological research methodologies:** Future epidemiological studies should incorporate objective exposure measurements, improved control of confounding factors, larger sample sizes, longer follow-up periods, and advanced statistical approaches. Such improvements will enhance the ability to determine potential causal relationships between electromagnetic exposure and health outcomes.
- **Monitor emerging wireless technologies continuously:** The implementation of 5G, future 6G networks, artificial intelligence-based communication systems, wearable technologies, and Internet of Things (IoT) infrastructure should be accompanied by continuous scientific

evaluation. Health assessment should be integrated into technological development processes from the earliest stages.

- **Integrate artificial intelligence into environmental health research:** Artificial intelligence and machine-learning approaches should be utilized to analyze complex datasets involving electromagnetic exposure, molecular changes, genetic factors, and clinical outcomes. These technologies may improve prediction models and facilitate personalized risk assessment.
- **Adopt an exposome-based research strategy:** Electromagnetic exposure should be evaluated within the broader context of total environmental exposure. Future studies should consider combined influences of air pollution, chemical contaminants, lifestyle factors, occupational stressors, nutrition, and psychosocial conditions.
- **Enhance occupational safety programs:** Industries involving increased electromagnetic exposure should implement comprehensive workplace monitoring systems, employee education programs, exposure reduction strategies, and periodic health assessments according to internationally accepted safety standards.
- **Improve public communication and scientific literacy:** Public health institutions should provide transparent, evidence-based information regarding electromagnetic technologies. Communication strategies should reduce misinformation, address public concerns, and explain both established findings and remaining uncertainties.
- **Encourage evidence-based regulatory updates:** International exposure guidelines should be periodically reviewed according to emerging scientific evidence. Regulatory frameworks should remain flexible and incorporate advances in dosimetry, molecular research, epidemiology, and technological innovation.
- **Promote responsible technological development:** Future electromagnetic technologies should be designed according to principles of safety, sustainability, and human health protection. Collaboration between engineers, biomedical researchers, policymakers, and industry stakeholders is essential for ensuring that technological progress aligns with public health objectives.
- **Develop international databases on electromagnetic exposure and health outcomes:** Creation of standardized global databases containing exposure measurements, biological findings, clinical outcomes, and epidemiological information would facilitate large-scale analysis and improve evidence synthesis.
- **Encourage transparent reporting of scientific findings:** Researchers should follow internationally accepted reporting standards and provide detailed information regarding exposure parameters, experimental conditions, limitations, and statistical approaches. Transparent reporting will improve reproducibility and scientific confidence.
- **Strengthen education and training programs:** Medical professionals, researchers, and healthcare educators should receive updated training regarding electromagnetic health research, enabling accurate counseling of patients and communities concerned about electromagnetic exposure.
- **Support preventive strategies based on scientific evidence:** Although current evidence does not demonstrate major health risks from exposure below international limits, reasonable practical approaches may include minimizing unnecessary prolonged exposure, maintaining appropriate distance from high-intensity sources, optimizing device use, and following occupational safety recommendations.
- **Maintain a balanced scientific perspective:** Future decision-making should avoid both excessive concern and unjustified dismissal of potential risks. A balanced approach based on rigorous evidence, continuous monitoring, and scientific transparency remains essential for protecting human health while enabling technological advancement. The future progress in understanding anthropogenic electromagnetic field effects requires integration of

advanced biomedical research, epidemiological surveillance, technological innovation, and evidence-based public health policy. A coordinated global approach will allow society to maximize the benefits of electromagnetic technologies while ensuring responsible protection of current and future generations.

CONCLUSIONS

- Anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) have become an integral component of modern technological society, resulting in continuous human exposure through electrical power systems, wireless communication technologies, medical equipment, industrial applications, transportation infrastructure, and rapidly expanding digital ecosystems. As global dependence on advanced telecommunications, smart technologies, artificial intelligence, and interconnected electronic devices continues to increase, understanding the biological implications of long-term electromagnetic exposure remains an important scientific and public health priority.
- The current body of evidence demonstrates that anthropogenic EMFs are capable of interacting with biological systems at molecular, cellular, and physiological levels. Experimental investigations have identified several biologically plausible mechanisms, including modulation of oxidative stress, mitochondrial function, intracellular calcium signaling, inflammatory pathways, gene expression, epigenetic regulation, and cellular stress responses. These observations indicate that electromagnetic exposure can influence fundamental biological processes under specific experimental conditions. However, the magnitude, consistency, reproducibility, and clinical significance of these biological responses remain variable and are strongly influenced by exposure characteristics, dosimetric accuracy, biological models, and methodological design.
- Available evidence from human epidemiological studies provides a more cautious interpretation. Although some investigations have reported associations between prolonged electromagnetic exposure and selected neurological symptoms, sleep disturbances, reproductive outcomes, or specific malignancies, the overall scientific literature has not established consistent causal relationships between environmental EMF exposure below internationally recommended safety limits and major adverse health outcomes. Large prospective cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses generally indicate that the existing evidence remains insufficient to confirm clinically significant risks for the general population, while recognizing that important scientific uncertainties persist.
- Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS) continues to represent one of the most controversial issues in environmental medicine. Individuals reporting EHS experience genuine and often debilitating symptoms that require comprehensive clinical evaluation and multidisciplinary management. Nevertheless, current experimental evidence has not consistently demonstrated a direct causal relationship between symptom development and controlled electromagnetic exposure. These findings support the interpretation that EHS is a complex multifactorial condition involving interactions among biological, neurological, psychological, environmental, and individual susceptibility factors. Future research should continue investigating its pathophysiological mechanisms while ensuring compassionate, patient-centered clinical care.
- Current international exposure guidelines developed by organizations such as the World Health Organization (WHO), the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) remain grounded in the best available scientific evidence and incorporate substantial safety margins intended to protect both occupationally exposed individuals and the general population. Nevertheless, continuous review of these recommendations remains essential as new scientific evidence emerges and communication technologies continue to evolve.

- The introduction of fifth-generation (5G) communication systems and the anticipated development of sixth-generation (6G) technologies highlight the necessity for ongoing biological surveillance and evidence-based risk assessment. Future technological innovations will likely alter exposure characteristics through higher operating frequencies, advanced beamforming, artificial intelligence-assisted communication networks, massive Internet-of-Things connectivity, and increasingly complex electromagnetic environments. Accordingly, continuous scientific evaluation should accompany technological progress to ensure sustainable innovation while maintaining public confidence and health protection.
- Several important knowledge gaps remain. Standardization of exposure assessment, improved dosimetry, harmonized experimental methodologies, validated molecular biomarkers, and long-term prospective epidemiological investigations are needed to strengthen causal inference and improve reproducibility. Future studies should integrate advanced multi-omics technologies, systems biology, computational modeling, artificial intelligence, exposomics, and precision medicine approaches to better characterize individual susceptibility, biological adaptation, and potential long-term health consequences associated with chronic electromagnetic exposure.
- International multidisciplinary collaboration will be fundamental for advancing this field. Biomedical scientists, physicists, engineers, clinicians, epidemiologists, toxicologists, public health specialists, regulatory authorities, and policymakers should work together to develop standardized research protocols, promote transparent scientific reporting, and facilitate data sharing across institutions and countries. Such collaborative efforts will improve evidence quality, accelerate scientific discovery, and support internationally harmonized public health policies.
- The current scientific evidence supports a balanced and evidence-based perspective. Anthropogenic electromagnetic fields can induce measurable biological responses under specific experimental conditions; however, convincing evidence demonstrating widespread clinically significant adverse health effects resulting from environmental exposure below internationally accepted safety limits remains limited and inconsistent. Therefore, neither unwarranted alarm nor complacency is scientifically justified. Instead, continued rigorous scientific investigation, transparent communication, adaptive regulatory oversight, and evidence-informed public health strategies should guide future decision-making.
- As modern societies become increasingly dependent on digital technologies, ensuring the safe coexistence of technological innovation and human health protection will remain a major scientific responsibility. Continued investment in high-quality interdisciplinary research will provide the robust evidence necessary to refine international safety standards, improve clinical understanding, inform public health policy, and support the sustainable development of future electromagnetic technologies while protecting present and future generations.

RECOMMENDATIONS

Based on the current body of scientific evidence concerning the biological effects of anthropogenic electromagnetic fields (EMFs) on human health, the following recommendations are proposed to strengthen future research, improve public health protection, enhance clinical practice, and support evidence-based regulatory decision-making.

- **Strengthen interdisciplinary research.** Future investigations should integrate expertise from molecular biology, bioelectromagnetics, neuroscience, toxicology, environmental medicine, epidemiology, engineering, public health, biostatistics, and computational sciences to improve understanding of the complex biological interactions associated with electromagnetic exposure.

- **Standardize research methodologies.** Internationally harmonized protocols should be developed for exposure assessment, dosimetry, laboratory procedures, biological outcome measurements, and statistical analyses. Standardization will improve reproducibility, facilitate comparison among studies, and strengthen systematic reviews and meta-analyses.
- **Improve exposure assessment.** Future epidemiological studies should incorporate accurate personal dosimetry, wearable exposure-monitoring technologies, geographic information systems, and objective environmental measurements rather than relying solely on self-reported exposure or residential proximity to electromagnetic sources.
- **Conduct large prospective cohort studies.** Long-term, multicenter cohort studies with adequate statistical power should evaluate chronic exposure across diverse populations, including children, adolescents, pregnant women, older adults, and occupationally exposed workers, to better characterize long-term health outcomes and exposure–response relationships.
- **Identify reliable biological biomarkers.** Advanced molecular approaches—including genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, epigenomics, lipidomics, and metabolite profiling—should be employed to discover validated biomarkers of electromagnetic exposure, biological response, susceptibility, and early physiological adaptation.
- **Investigate individual susceptibility.** Future studies should examine genetic, epigenetic, metabolic, immunological, hormonal, and lifestyle factors that may influence individual responses to electromagnetic exposure. Precision medicine approaches may improve risk stratification and personalized prevention strategies.
- **Expand research on Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome (EHS).** Multidisciplinary investigations should clarify the biological, neurological, psychological, and environmental mechanisms underlying EHS while promoting patient-centered clinical assessment, evidence-based management, and improved quality of life for affected individuals.
- **Evaluate emerging communication technologies.** Independent scientific assessment should accompany the implementation of 5G, future 6G networks, Internet of Things (IoT) infrastructure, wearable electronics, autonomous communication systems, and other advanced wireless technologies to ensure that evolving exposure characteristics remain consistent with established public health protections.
- **Promote systems biology and artificial intelligence.** Integration of artificial intelligence, machine learning, computational biology, digital twins, and systems medicine should facilitate identification of complex exposure-response relationships, predictive biomarkers, and individualized biological risk profiles.
- **Adopt an exposome-based research framework.** Future investigations should evaluate electromagnetic fields within the broader context of cumulative environmental exposures, including air pollution, chemical contaminants, occupational hazards, psychosocial stress, nutrition, lifestyle factors, and climate-related influences that collectively affect human health.
- **Strengthen occupational health surveillance.** Workers employed in electrical utilities, telecommunications, healthcare, manufacturing, broadcasting, aviation, defense, research laboratories, and other sectors with higher electromagnetic exposure should participate in continuous occupational health monitoring supported by evidence-based workplace safety programs.
- **Enhance public health education.** Governments, universities, healthcare organizations, and scientific institutions should develop educational initiatives that provide balanced, transparent, and evidence-based information regarding electromagnetic exposure, reducing misinformation while promoting scientifically supported preventive practices.

- **Maintain periodic review of international exposure guidelines.** International organizations, including the World Health Organization (WHO), the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), and national regulatory agencies, should continue updating exposure recommendations in response to emerging high-quality scientific evidence.
- **Promote international scientific collaboration.** Collaborative multicenter studies involving universities, research institutes, regulatory agencies, and international scientific organizations should be encouraged to improve methodological consistency, facilitate data sharing, and accelerate the generation of robust evidence.
- **Support evidence-based policymaking.** Regulatory decisions concerning electromagnetic technologies should remain firmly grounded in high-quality scientific evidence, balancing technological innovation, economic development, environmental sustainability, and protection of human health through transparent and adaptive governance. The future progress in understanding the health implications of anthropogenic electromagnetic fields will depend upon rigorous scientific methodology, international collaboration, technological innovation, and continuous integration of molecular, clinical, epidemiological, and public health evidence. A balanced, evidence-based approach will enable society to benefit from rapidly advancing electromagnetic technologies while ensuring the highest standards of human health protection and sustainable public health policy.

REFERENCES

1. Pedersen RJ. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomed Eng Online*. 2004;3:17.
2. Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med*. 2016;35(2):186-202.
3. Yakymenko I, Tsybulin O. Oxidative stress biomarkers in the context of radiofrequency electromagnetic field exposure. In: Preedy VR, editor. *Biomarkers in toxicology*. 2nd ed. London: Academic Press; 2022. p. 765-84.
4. Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M, et al. Risks to health and well-being from radio-frequency radiation emitted by cell phones and other wireless devices. *Front Public Health*. 2019;7:223.
5. Panagopoulos DJ, van den Heuvel R. Lasting biological effects and possible mechanisms of action of electromagnetic field exposures. In: Rosch PJ, editor. *Bioelectromagnetic and subtle energy medicine*. 2nd ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2015. p. 127-48.
6. Panagopoulos DJ, Balmori A. On the biophysical mechanism of sensing atmospheric discharges by living organisms. *Sci Total Environ*. 2017;599-600:2026-34.
7. Balmori A. Anthropogenic radiofrequency electromagnetic fields as an emerging threat to wildlife orientation. *Sci Total Environ*. 2015;518-519:58-60.
8. Schreier N, Huss A, Rösli M. The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. *Soz Präventivmed*. 2006;51(4):202-9.
9. Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: an international perspective. *Environ Pollut*. 2018;242(Pt A):643-58.
10. Pall ML. Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *J Cell Mol Med*. 2013;17(8):958-65.
11. Panagopoulos DJ. Electromagnetic pollution from telecommunication towers affecting birds and insects. *Rev Environ Health*. 2021;36(2):159-69.

12. Panagopoulos DJ, Tigoe JK, Messini N, Karabarbounis A, Margaritis LH, Thielens A, et al. Polarization: a key difference between man-made and natural electromagnetic fields, in regard to biological activity. *Sci Rep.* 2015;5:14914.
13. Belpomme D, Campagnac C, Irigaray P. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Rev Environ Health.* 2015;30(4):251-71.
14. BBC. The town that banned Wi-Fi. BBC News; 2011 [cited 2026 Jan 23]. Available from: <https://www.bbc.com/news>
15. Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL. Real versus simulated mobile phone exposures in experimental studies. *Biomed Res Int.* 2015;2015:607053.
16. Panagopoulos DJ, Karabarbounis A, Lykaki E, Margaritis LH. Mechanisms for action of electromagnetic fields on cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2007;298(1):95-102.
17. Friedman J, Kraus S, Hauptman Y, Schiff Y, Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem J.* 2007;405(3):559-68.
18. Panagopoulos DJ, Chrousos GP. Shielding methods and products against man-made electromagnetic fields: protection versus risk. *Sci Total Environ.* 2019;667:255-62.
19. Panagopoulos DJ. Effect of microwave exposure on the ovarian development of *Drosophila melanogaster*. *Cell Biochem Biophys.* 2012;63(2):121-32.
20. Panagopoulos DJ. Electromagnetic interaction between environmental fields and living systems determines health and well-being. In: Roosli M, editor. *Electromagnetic fields.* London: InTech; 2011. p. 95-120.
21. Genius SJ. Electromagnetic hypersensitivity: evidence for a novel neurological syndrome. *Int J Neurosci.* 2018;128(3):263-75.
22. Hallberg Ö, Oberfeld G. Letter to the editor: will we all become electrosensitive? *Electromagn Biol Med.* 2006;25(3):189-91.
23. Panagopoulos DJ, Karabarbounis A, Margaritis LH. Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Electromagn Biol Med.* 2002;21(1):19-34.
24. Panagopoulos DJ, Messini N, Karabarbounis A, Philippetis AL, Margaritis LH. A mechanism for action of oscillating electric fields on cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2000;272(3):634-40.
25. Hardell L. World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (review). *Int J Oncol.* 2017;51(2):405-13.
26. Panagopoulos DJ. Mechanism for biological effects of electromagnetic fields. *Electromagn Biol Med.* 2013;32(3):367-81.
27. Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. *Pathophysiology.* 2017;24(1):1-13.
28. Hedendahl LK, Carlberg M, Koppel T, Hardell L. Measurements of radiofrequency radiation with a body-borne exposimeter in Swedish schools with Wi-Fi. *Front Public Health.* 2015;3:279.
29. Panagopoulos DJ, Karabarbounis A, Yakymenko I, Chrousos GP. Human-made electromagnetic fields: ion forced-oscillation and voltage-gated ion channel dysfunction, oxidative stress and DNA damage. *Int J Mol Sci.* 2021;22(5):2374.
30. Houston BJ, Nixon B, King BV, De Iuliis GN, Aitken RJ. The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function. *Reproduction.* 2016;152(6):R263-76.
31. Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Müntener K, Röösli M. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. *Environ Health Perspect.* 2007;115(1):1-4.
32. International Agency for Research on Cancer (IARC). Non-ionizing radiation, Part 2: radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.* 2013;102:1-460.
33. Jagetia GC. Genotoxic effects of electromagnetic field radiations from mobile phones. *Environ Res.* 2022;212(Pt D):113321.

34. National Toxicology Program (NTP). NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in Hsd:Sprague Dawley SD rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. Research Triangle Park (NC): National Toxicology Program; 2018. Report No.: TR-595.
35. Pall ML. Scientific evidence contradicts findings and assumptions of Canadian Safety Panel 6: microwaves act through voltage-gated calcium channel activation to induce biological impacts at non-thermal levels, supporting a paradigm shift for microwave/lower frequency electromagnetic field action. *Rev Environ Health*. 2015;30(2):99-116.
36. Panagopoulos DJ. Chromosome damage in human cells induced by UMTS mobile telephony radiation. *Gen Physiol Biophys*. 2019;38(6):445-54.
37. Panagopoulos DJ. Effect of GSM 900-MHz mobile phone radiation on the reproductive capacity of *Drosophila melanogaster*. *Electromagn Biol Med*. 2004;23(1):29-43.
38. Panagopoulos DJ. Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. *Mutat Res Rev Mutat Res*. 2019;781:53-62.
39. Panagopoulos DJ, Karabarbounis A, Lykaki E, Comparison of bioactivity between GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz mobile telephony radiation. *Electromagn Biol Med*. 2013;32(1):106-17.
40. Ramsey JL. Practical electromagnetic shielding: design, testing, and applications. *IEEE Electromagn Compat Mag*. 2024;13(1):45-58.
41. Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): an updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*. 2010;31(1):1-11.
42. Sheppard AR, Swicord ML, Balzano Q. Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes. *Health Phys*. 2019;95(4):365-96.
43. Panagopoulos DJ, Margaritis LH. Mobile telephony radiation effects on insect ovarian cells: the necessity of real exposures bioactivity assessment. The key role of polarization, and the ion forced-oscillation mechanism. In: Giuliani L, Soffritti M, editors. *Non-thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter*. Bologna (Italy): Ramazzini Institute; 2010. p. 181-205.
44. Tumbleweed Houses. Electromagnetic shielding for residential structures: costs and implementation. 2024. Available from: <https://www.tumbleweedhouses.com>
45. Panagopoulos DJ. Mobile telephony radiation effects on living organisms. In: Harper AC, Buxton RV, editors. *Mobile telephones: networks, applications and performance*. Hauppauge (NY): Nova Science Publishers; 2008. p. 107-49.
46. Panagopoulos DJ. Analyzing the health impacts of modern telecommunications microwaves. In: Markov M, editor. *Dosimetry in bioelectromagnetics*. Boca Raton (FL): CRC Press; 2017. p. 271-96.
47. World Health Organization (WHO). *Electromagnetic hypersensitivity*. Geneva: WHO; 2014.
48. Sulashvili N, Seniuk I, Kravchenko V, Imerlishvili I, Gabunia L, Gorgaslidze N, et al. ADVANCES, CLINICAL TRANSLATION AND EMERGING CHALLENGES IN GENE THERAPY: FROM VIRAL VECTOR ENGINEERING AND GENOME EDITING TO PRECISION AND PERSONALIZED GENETIC MEDICINE. *GS*. 2025 Dec. 16;7(4):630-56. Available from: <https://journals.4science.ge/index.php/GS/article/view/4427>
49. Sulashvili N, Chichoyan N, Kravchenko V, Imerlishvili I, Gabunia L, Gorgaslidze N, et al. THE MANIFESTATION OF FEATURES OF GENE THERAPY ADVANCES: A COMPREHENSIVE DISCOURSE OF CURRENT PROGRESS AND FUTURE DIRECTIONS. *GS*. 2025 Dec. 16;7(4):593-620. Available from: <https://journals.4science.ge/index.php/GS/article/view/4426>
50. Sulashvili N, Abzianidze E, Beglaryan M, Gabunia L, Gorgaslidze N, Alavidze N, et al. THE SCIENTIFIC DISCUSSION OF KEY ISSUE ASPECTS OF MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION AND PHARMACOTHERAPEUTIC MANAGEMENT STRATEGIES IN PARKINSON'S DISEASE: FOCUS ON MITOPHAGY AND NAD⁺ METABOLISM. *GS*

- 2025 Aug. 4;7(3):397-442. Available from:
<https://journals.4science.ge/index.php/GS/article/view/3960>
51. Aphkhazava D, Sulashvili N, Tkemaladze J. Stem Cell Systems and Regeneration. GS. 2025 Mar. 2;7(1):271-319. Available from:
<https://journals.4science.ge/index.php/GS/article/view/3446>.
 52. World Health Organization. *Extremely Low Frequency Fields*. Environmental Health Criteria No. 238. Geneva: World Health Organization; 2007.
 53. World Health Organization. *Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)*. Environmental Health Criteria No. 137. Geneva: World Health Organization; 1993.
 54. World Health Organization. *Static Fields*. Environmental Health Criteria No. 232. Geneva: World Health Organization; 2006.
 55. International Agency for Research on Cancer. *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 80. Lyon: IARC; 2002.
 56. International Agency for Research on Cancer. *Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 102. Lyon: IARC; 2013.
 57. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys. 2010;99(6):818–836.
 58. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys. 2020;118(5):483–524.
 59. Institute of Electrical and Electronics Engineers. *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz*. IEEE Std C95.1. New York: IEEE; 2019.
 60. Foster KR, Moulder JE. Wi-Fi and health: Review of current status of research. Health Phys. 2013;105(6):561–575.
 61. Foster KR, Vijayalaxmi. Research on cell phone radiation exposure and health: Recent advances and future directions. Health Phys. 2021;121(3):271–280.
 62. Röösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: A systematic review. Environ Res. 2008;107(2):277–287.
 63. Röösli M, Lagorio S, Schoemaker MJ, Schüz J, Feychting M. Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: Evaluating the evidence. Scand J Work Environ Health. 2019;45(5):451–460.
 64. Schüz J, Elliott P, Auvinen A, Kromhout H. An international perspective on epidemiological studies of radiofrequency exposure and health. Environ Int. 2021;154:106593.
 65. Auvinen A, Feychting M, Ahlbom A. Radiofrequency electromagnetic fields and health: Current evidence and research needs. Crit Rev Environ Sci Technol. 2022;52(18):3295–3320.
 66. Hardell L, Carlberg M. Mobile phones, cordless phones and brain tumour risk. Int J Oncol. 2015;46(5):1865–1871.
 67. Hardell L, Carlberg M. Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest. Oncol Lett. 2020;20(4):15.
 68. Belpomme D, Irigaray P. Electrohypersensitivity as a newly identified neurologic pathological disorder. Int J Mol Sci. 2020;21(6):1915.
 69. Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. Electromagnetic hypersensitivity: A systematic review of provocation studies. Psychosom Med. 2010;72(9):921–928.
 70. Huss A, Röösli M. Consultations in primary care for symptoms attributed to electromagnetic fields. Int J Hyg Environ Health. 2006;209(3):289–293.
 71. Kheifets L, Bowman JD, Checkoway H, Feychting M, Harrington JM. Future needs of occupational epidemiology of electromagnetic fields. Occup Environ Med. 2009;66(2):72–80.
 72. Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, van Deventer E. The sensitivity of children to electromagnetic fields. Pediatrics. 2005;116(2):303–313.
 73. SCENIHR. *Potential Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields*. Brussels: European Commission; 2015.

74. BioInitiative Working Group. *BioInitiative Report: A Rationale for Biologically Based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation*. Updated edition. Albany (NY); 2022.
75. National Toxicology Program. *Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Hsd: Sprague Dawley SD Rats Exposed to Whole-Body Radio Frequency Radiation*. Research Triangle Park (NC): National Institute of Environmental Health Sciences; 2018.
76. Falcioni L, Bua L, Tibaldi E, et al. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environ Res*. 2018;165:496–503.
77. Simkó M, Mattsson MO. 5G wireless communication and health effects—A pragmatic review based on available studies regarding 6–100 GHz. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(18):3406.
78. Simkó M, Mattsson MO. Oxidative stress as a biological mechanism of electromagnetic field interaction with biological systems. *Int J Mol Sci*. 2019;20(10):2300.
79. Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, et al. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med*. 2016;35(2):186–202.
80. Pall ML. Electromagnetic fields act through activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *J Cell Mol Med*. 2013;17(8):958–965.
81. Lai H. Genetic effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Electromagn Biol Med*. 2021;40(2):264–273.
82. Consales C, Merla C, Marino C, Benassi B. Electromagnetic fields, oxidative stress and neurodegeneration. *Int J Cell Biol*. 2012;2012:683897.
83. Carpenter DO. The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: Historical background. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):217–222.
84. Levitt BB, Lai H, Manville AM II. Low-level EMF effects on wildlife and ecosystems. *Rev Environ Health*. 2022;37(1):13–39.
85. Hirata A, Kodera S, Sasaki K, et al. Human exposure to radiofrequency energy above 6 GHz: Review of computational dosimetry studies. *Phys Med Biol*. 2021;66(8):08TR01.
86. Foster KR, Chou CK. Are children more exposed to radiofrequency energy from mobile phones than adults? *IEEE Access*. 2021;9:90905–90914.
87. van Deventer E, van Rongen E, Saunders R. WHO research agenda for radiofrequency fields. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(5):417–421.
88. Mevissen M, Schüz J. Overview of animal studies investigating carcinogenic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2021;24(1):1–20.
89. Elwood JM. Mobile phones, radiofrequency exposure, and cancer: A review of epidemiological evidence. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2022;34(1):10–18.
90. Karipidis K, Mate R, Urban D, Tinker R, Wood A. 5G mobile networks and health—a state-of-the-science review of the research into low-level radiofrequency fields above 6 GHz. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2021;31(4):585–605.
91. Wood AW, Karipidis K, Mate R, Urban D, Tinker R. Radiofrequency electromagnetic fields from wireless technologies: Health evidence and research priorities. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11265.
92. Schüz J. Exposure to radiofrequency electromagnetic fields and health outcomes: An updated review. *Environ Health*. 2022;21(1):92.
93. van Rongen E, Croft R, Juutilainen J, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2009;12(8):572–597.
94. Croft RJ, Hamblin DL, Spong J, et al. The effect of mobile phone electromagnetic fields on brain activity and sleep. *Bioelectromagnetics*. 2010;31(1):34–46.
95. Regel SJ, Tinguely G, Schuderer J, et al. Pulsed radiofrequency electromagnetic fields: Effects on sleep and waking EEG. *Neuroreport*. 2007;18(8):803–807.
96. Danker-Hopfe H, Dorn H, Bornkessel C, Sauter C. Electromagnetic fields and sleep quality: Systematic review of human experimental studies. *Sleep Med Rev*. 2019;47:1–13.

97. Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields, leukemia, and childhood cancer. *Epidemiology*. 2000;11(6):627–628.
98. Ahlbom A, Day N, Feychting M, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *Br J Cancer*. 2000;83(5):692–698.
99. Kheifets L, Monroe J, Vergara X, et al. Occupational electromagnetic field exposure and cancer: Updated epidemiological evidence. *Occup Environ Med*. 2018;75(6):437–446.
100. Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, et al. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol*. 2011;12(7):624–626.
101. Juutilainen J, Kumlin T, Naarala J. Do extremely low-frequency magnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens? *Int J Radiat Biol*. 2006;82(1):1–12.
102. SCHEER. *Opinion on Potential Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields*. Brussels: European Commission; 2023.
103. Swedish Radiation Safety Authority. *Recent Research on EMF and Health Risk*. Stockholm: SSM; 2025.
104. Swedish Radiation Safety Authority. *Recent Research on EMF and Health Risk*. Stockholm: SSM; 2024.
105. Health Canada. *Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Energy (Safety Code 6)*. Ottawa: Health Canada; 2022.
106. Public Health England. *Radio Waves: Reducing Exposure from Mobile Phones and Base Stations*. London: Public Health England; 2020.
107. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. *Radiofrequency Electromagnetic Energy and Health*. Yallambie: ARPANSA; 2024.
108. ICNIRP. Scientific rationale for radiofrequency exposure guidelines. *Health Phys*. 2020;118(5):525–531.
109. Hirata A, Kodera S, Sasaki K, et al. Human computational dosimetry for radiofrequency exposure above 6 GHz. *Phys Med Biol*. 2021;66(8):08TR01.
110. Leszczynski D. Physiological and health effects of radiofrequency electromagnetic fields: Current status of research. *Front Public Health*. 2022;10:896699.
111. Russell CL. 5G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. *Environ Res*. 2018;165:484–495.
112. Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: Are there health implications? *Int J Hyg Environ Health*. 2018;221(3):367–375.
113. Miller AB, Sears ME, Hardell L, et al. Risks to health and well-being from radiofrequency radiation emitted by wireless communication devices. *Int J Oncol*. 2019;54(2):611–635.
114. Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO. Thermal and non-thermal health effects of low-intensity non-ionizing radiation: An international perspective. *Environ Pollut*. 2018;242(Pt A):643–658.
115. Belyaev I, Dean A, Eger H, et al. EUROPAEM EMF guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems. *Rev Environ Health*. 2016;31(3):363–397.
116. Levitt BB, Lai H. Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by wireless technologies. *Environ Rev*. 2010;18:369–395.
117. Barnes FS, Greenebaum B, editors. *Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2018.
118. Markov MS, editor. *Electromagnetic Fields in Biology and Medicine*. Boca Raton: CRC Press; 2015.
119. Polk C, Postow E, editors. *Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2019.
120. Lin JC, editor. *Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems*. New York: Springer; 2020.
121. World Health Organization. *Electromagnetic Fields and Public Health*. Geneva: World Health Organization; 2024.

ANTIBIOTIC THERAPY IN URINARY TRACT INFECTIONS: IMPLICATIONS FOR HUMAN MICROBIOTA AND EMERGING STRATEGIES TO PREVENT DYSBIOSIS

Manpreet Singh^{1*}, Pankaj Malhotra²

¹ Department of Pharmacy, School of Health Sciences, Sushant University, Gurugram, Haryana, India
ORCID ID: 0009-0006-9482-2903

² Assistant Professor, Department of Pharmacy, School of Health Sciences, Sushant University,
Gurugram, Haryana, India

Abstract

Background: Urinary tract infections (UTIs) are among the most prevalent bacterial infections worldwide and are a leading cause of antibiotic prescriptions. Although antibiotics remain the cornerstone of UTI management, their widespread and repeated use can significantly alter the composition and diversity of the human microbiota, particularly within the gastrointestinal tract. Such disruptions may contribute to dysbiosis, antimicrobial resistance, recurrent infections, and other long-term health consequences.

Objective: This review aims to summarize the current understanding of the impact of antibiotic therapy on the human microbiota during UTI treatment and discuss emerging strategies to preserve microbial homeostasis while maintaining effective infection control.

Methods: A narrative review of recent peer-reviewed literature was conducted using scientific databases including PubMed, Scopus, and Google Scholar. Studies published between 2020 and 2026 focusing on UTIs, antibiotic therapy, gut and urinary microbiota, dysbiosis, antimicrobial resistance, probiotics, and microbiome-based therapeutic approaches were evaluated.

Results: Evidence suggests that broad-spectrum antibiotics frequently disrupt beneficial microbial communities, reducing microbial diversity and increasing susceptibility to recurrent UTIs and opportunistic infections. Growing recognition of the urinary microbiome has challenged the traditional concept of urinary sterility and highlighted its potential role in maintaining urinary tract health. Emerging approaches, including targeted antimicrobial therapy, antimicrobial stewardship, probiotics, bacteriophage therapy, and microbiome-directed interventions, demonstrate promise in minimizing dysbiosis while improving clinical outcomes.

Conclusion: Optimizing antibiotic use through evidence-based prescribing and integrating microbiome-preserving strategies may improve UTI management and reduce the burden of recurrent infections and antimicrobial resistance. Further clinical studies are required to establish standardized microbiome-focused therapeutic protocols and evaluate their long-term effectiveness.

Keywords: Urinary tract infection; Antibiotics; Human microbiota; Gut microbiome; Dysbiosis; Antimicrobial resistance; Probiotics.

A PRACTICAL APPROACH TO ACUTE FLACCID PARAPLEGIA DUE TO INFECTIOUS VS. NON-INFECTIOUS CAUSES

Ergys Ramosaço ⁽¹⁾, Gentian Vyshka ⁽²⁾

1. *Faculty of Technical-Medical Sciences, University of Medicine in Tirana, Albania*
2. *Faculty of Medicine, University of Medicine in Tirana, Albania*

Abstract

Background

Acute flaccid paraplegia is a medical emergency with a broad differential diagnosis that requires prompt evaluation and timely management to optimize outcomes.

Methods

Reviewing the diagnostic and therapeutic approach to patients presenting with acute flaccid paraplegia. Traumatic etiologies, including falls from height, motor vehicle collisions, and direct spinal trauma, are of particular clinical importance because they frequently involve critically ill patients requiring urgent intervention. Non-traumatic causes are more diverse and include viral infections, autoimmune disorders, spinal cord ischemia secondary to vascular compromise, as well as iatrogenic or accidental intrathecal administration of medications or chemical agents.

Results and Discussion

Comprehensive neurological examination supported by electrophysiological testing and advanced neuroimaging, is essential for establishing the underlying diagnosis and guiding treatment. Although the overall prognosis may be poor, several therapeutic strategies are available depending on the etiology. Traumatic spinal cord injury often requires urgent neurosurgical or orthopedic intervention, with high-dose glucocorticoids considered in selected cases to reduce spinal cord edema. Immune-mediated disorders, such as acute polyradiculoneuritis, may respond to intravenous immunoglobulin or plasmapheresis. Furthermore, both intra-axial and extra-axial neoplasms involving the spinal canal can present with acute flaccid paraplegia, emphasizing the importance of early recognition and timely surgical decompression when indicated.

Conclusions

Acute flaccid paraplegia represents a heterogeneous clinical syndrome requiring a systematic diagnostic approach to rapidly identify the underlying cause. Early multidisciplinary assessment, appropriate neuroimaging, electrophysiological evaluation, and etiology-specific treatment are essential to maximize neurological recovery and improve patient outcomes.

Keywords: acute flaccid paraplegia; spinal cord injury; transverse myelitis; Guillain-Barré syndrome; spinal cord compression; rehabilitation.

INTRODUCTION

Acute flaccid paraplegia is defined by the sudden development of symmetrical weakness of both lower limbs accompanied by decreased muscle tone and reduced or absent reflexes. Depending on the lesion level and severity, respiratory and bulbar muscles may also become involved. The condition has numerous etiologies and requires immediate evaluation because delayed diagnosis may result in irreversible neurological deficits.^{1,2}

Traumatic spinal cord injury remains one of the leading causes of acute paraplegia, whereas non-traumatic causes include inflammatory, infectious, vascular, autoimmune, neoplastic, metabolic, and toxic disorders. Because clinical presentation alone rarely identifies the cause, a structured diagnostic approach integrating neurological examination, imaging, laboratory investigations, and electrophysiological testing is essential.^{3,4}

DIAGNOSTIC APPROACH

Initial management should prioritize airway, breathing, circulation, and spinal stabilization when trauma is suspected. A detailed neurological examination should determine

the level and completeness of neurological involvement according to standardized neurological assessment frameworks.⁵

MRI of the entire spine is the imaging modality of choice for detecting spinal cord compression, hemorrhage, ischemia, inflammatory lesions, and neoplasms.⁶ Cerebrospinal fluid examination assists in diagnosing infectious and inflammatory disorders, while nerve conduction studies and electromyography help distinguish peripheral neuropathies such as Guillain–Barré syndrome from central nervous system lesions.⁷ Laboratory investigations should be guided by the clinical context and may include infectious, autoimmune, metabolic, and vascular evaluations.^{4, 8}

ETIOLOGY

The differential diagnosis includes:

- Traumatic spinal cord injury
- Acute transverse myelitis
- Guillain–Barré syndrome
- Spinal cord ischemia
- Epidural hematoma or abscess
- Intervertebral disc herniation
- Spinal tumors and metastatic disease
- Viral, bacterial, and parasitic infections
- Toxic or iatrogenic spinal injury
- Functional neurological disorders (rare)

Rapid differentiation between compressive and non-compressive causes is essential because treatment strategies differ substantially. Acute spinal cord compression may require urgent surgical intervention, whereas inflammatory, infectious, and immune-mediated disorders require disease-specific medical therapies.^{6, 9}

TREATMENT

Management is directed toward the underlying cause. Traumatic spinal cord compression generally requires urgent surgical decompression and stabilization when indicated, together with optimized hemodynamic management and prevention of secondary spinal cord injury.^{5, 10}

Immune-mediated disorders such as Guillain–Barré syndrome are treated with intravenous immunoglobulin or plasma exchange, whereas inflammatory myelitis often requires high-dose corticosteroids followed by escalation to plasma exchange or other immunotherapies in refractory cases.^{11, 12} Infectious etiologies require targeted antimicrobial therapy based on the causative organism and clinical context.⁹

Supportive management remains fundamental and includes prevention of pressure injuries, venous thromboembolism prophylaxis, bladder and bowel management, pain control, nutritional optimization, respiratory care, and early multidisciplinary rehabilitation.^{13, 14}

CONCLUSIONS

Acute flaccid paraplegia represents a neurological emergency with a broad differential diagnosis. Prompt recognition, systematic diagnostic evaluation, and early etiology-specific treatment are essential to improve neurological outcomes. Advances in neuroimaging, immunotherapy, spinal surgery, and rehabilitation have significantly improved patient management, although long-term prognosis continues to depend largely on the underlying cause and the timing of intervention.^{1–14}

REFERENCES

1. Fehlings MG, Tetreault LA, Wilson JR, Kwon BK, Burns AS, Martin AR, et al. A clinical practice guideline for the management of acute spinal cord injury: introduction, rationale, and scope. *Global Spine J.* 2017;7(3 Suppl):84S-94S.
2. Ahuja CS, Wilson JR, Nori S, Kotter MRN, Druschel C, Curt A, et al. Traumatic spinal cord injury. *Nat Rev Dis Primers.* 2017;3:17018.

3. Krassioukov A, Biering-Sørensen F, Donovan W, Kennelly M, Kirshblum S, Krogh K, et al. International standards to document remaining autonomic function after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2021;44(sup1):1-14.
4. Scott TF, Frohman EM, De Seze J, Gronseth GS, Weinshenker BG. Evidence-based guideline: clinical evaluation and treatment of transverse myelitis. *Neurology.* 2011;77(24):2128-2134.
5. Fehlings MG, Vaccaro A, Wilson JR, Singh A, Cadotte DW, Harrop JS, et al. Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: results of the STASCIS study. *PLoS One.* 2012;7(2):e32037.
6. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Spinal injury: assessment and initial management. NICE guideline NG41. Updated 2023.
7. Leonhard SE, Mandarakas MR, Gondim FAA, Bateman K, Ferreira MLB, Cornblath DR, et al. Diagnosis and management of Guillain–Barré syndrome in ten steps. *Nat Rev Neurol.* 2019;15(11):671-683.
8. Zalewski NL, Flanagan EP. Autoimmune and inflammatory disorders of the spinal cord. *Continuum (Minneapolis Minn).* 2021;27(2):435-460.
9. Darouiche RO. Spinal epidural abscess. *N Engl J Med.* 2006;355:2012-2020.
10. Badhiwala JH, Wilson JR, Witiw CD, Harrop JS, Vaccaro AR, Fehlings MG. The influence of timing of surgical decompression for acute spinal cord injury. *Neurosurgery.* 2021;88(5):E415-E424.
11. van Doorn PA, Ruts L, Jacobs BC. Clinical features, pathogenesis, and treatment of Guillain–Barré syndrome. *Lancet Neurol.* 2008;7(10):939-950.
12. Kister I, Karussis D, Balcer LJ, Cutter GR. Treatment of acute transverse myelitis: current approaches and future directions. *Neurol Clin.* 2013;31(1):79-95.
13. Consortium for Spinal Medicine. Prevention of pressure injuries in individuals with spinal cord injury: clinical practice guideline. *J Spinal Cord Med.* 2021;44(sup1):S1-S17.
14. Ginis KAM, Hicks AL, Latimer AE, Warburton DER, Bourne C, Ditor DS, et al. The development of evidence-informed physical activity guidelines for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2011;49:1088-1096.

THE PRINCIPLE OF PROPORTIONALITY IN THE LIMITATION OF HUMAN RIGHTS

Nguyen Ngoc Vy

Thu Dau Mot University, Vietnam.

Abstract

This article examines the principle of proportionality as a legal justificatory structure used to control measures limiting human rights under international human rights law and regional human rights law. The central inquiry is whether proportionality is merely an intuitive “balancing” formula or a multi-step process that requires the state to demonstrate the legitimacy of its interference with rights. Employing doctrinal legal research, treaty interpretation, case law analysis, comparative legal method, and conceptual analysis, the article argues that the core value of proportionality lies not in permitting courts to substitute their own moral intuitions for public policy, but in structuring the state's burden of justification through the stages of legitimate aim, suitability, necessity, and proportionality *stricto sensu*. However, the article also demonstrates that proportionality genuinely protects rights only when courts rigorously scrutinize evidence of a measure's effectiveness, the existence of less restrictive alternatives, and the actual extent of interference with the right. On this basis, the article proposes understanding proportionality as a “structured justification framework” rather than a pure balancing test, and argues that necessity must be clearly separated from proportionality *stricto sensu* in order to limit the risk of excessive state interference with fundamental rights.

Keywords: principle of proportionality; human rights; limitation of rights; necessity; balancing; judicial review; proportionality.

1. INTRODUCTION

Human rights do not operate as absolute propositions immune to limitation under all circumstances. The limitation clauses of the International Covenant on Civil and Political Rights (ICCPR) and the European Convention on Human Rights (ECHR) both recognize that the state may interfere with certain rights in order to protect national security, public order, health, morals, or the rights of others, but this recognition does not amount to an unconditional licence for the state to select whatever measure it deems useful. The central problem of human rights theory and practice is therefore not whether the state may limit rights, but how far it may go, under what conditions, and who bears the burden of demonstrating the legitimacy of that limitation.

In adjudicative practice, terms such as “necessary,” “reasonable,” “in the public interest,” or “proportionate” are frequently deployed as conclusory formulas. Without a sufficiently rigorous testing structure, however, such terms can easily become a linguistic shell concealing the policy

choices of public authorities. It is precisely within this gap, between the acknowledged power to limit rights and the risk of its abuse, that the principle of proportionality has emerged as a method for controlling the lawfulness and legitimacy of interference with human rights. This article asks whether proportionality is genuinely a structured method of control, or merely a common label for the balancing of interests.

Methodologically, the article uses doctrinal research to identify the legal content of the limitation clauses in the ICCPR and the ECHR; treaty interpretation to construe concepts such as “necessary,” “legitimate aim,” “public order,” and their equivalents; case law analysis to identify how courts actually practise proportionality; comparative legal method to trace the formation and diffusion of the doctrine; and conceptual and critical legal analysis to assess the strengths, weaknesses, and limits of balancing. The scope of the article is confined to civil and political rights and international adjudicative practice; it does not undertake a comprehensive history of proportionality in administrative law.

The article's contribution is to propose understanding proportionality as a “structured justification framework,” in which legitimacy, suitability, necessity, and proportionality *stricto sensu* are not synonymous formulas but distinct layers of justification. On this basis, the article argues that the necessity stage must be rigorously separated from balancing in order to prevent courts from moving directly to the weighing of interests without first seriously examining less restrictive alternatives.

2. THEORETICAL FOUNDATIONS OF PROPORTIONALITY IN THE LIMITATION OF HUMAN RIGHTS

2.1. The Concept of Limitation of Human Rights

In international legal usage, it is necessary to distinguish between limitation, restriction, interference, and derogation. Limitation or restriction is the ordinary narrowing of a right, built into the structure of the right itself, as illustrated by ICCPR provisions permitting the restriction of certain rights by law and for a legitimate purpose. Interference is broader, referring to any adverse state action affecting the exercise of a right. Derogation, by contrast, is an exceptional mechanism available in a public emergency threatening the life of the nation, permitting the temporary suspension of certain treaty obligations within much stricter parameters. Limitation must therefore not be conflated with derogation: the former is the ordinary technique of qualifying a right, while the latter is an exceptional device for extraordinary circumstances subject to a considerably more demanding justificatory standard (ICCPR, arts. 4, 12, 18, 19, 21, 22).

This distinction is foundational for proportionality. If every interference were treated as a form of derogation, the state would be excessively constrained; but if every interference were treated as a valid limitation, rights would lose their substantive meaning. Proportionality thus functions as the intermediary bridge, requiring the state to demonstrate that its interference is necessary and does not exceed what is required to achieve its aim.

2.2. The Concept of the Principle of Proportionality

Proportionality operates simultaneously as a legal principle, a method of judicial review, and a structure of justification. As a principle, it holds that the degree of interference with a right must correspond to the public objective pursued by the state. As a method of judicial review, it supplies a repeatable sequence of inquiry comprising legitimate aim, suitability, necessity, and balancing in the narrow sense. As a justificatory structure, it shifts the focus from the state's subjective assertion to a burden of proof to be discharged before a court.

This is what distinguishes proportionality from a vague standard of “reasonableness.” Reasonableness typically demands less and readily collapses into minimal or deferential review; proportionality, properly applied, requires the state to account for its actions at each logical step, from aim, through means, to actual consequence. The superiority of proportionality lies in the fact that it does not merely ask “is this measure reasonable,” but asks “why this measure, rather than an alternative less restrictive of the right, constitutes an acceptable choice within a society governed by the rule of law.”

2.3. Origins and Development

Within the continental European tradition, proportionality is associated with German legal doctrine, where it developed into a central instrument for controlling administrative and constitutional action, later systematized within Robert Alexy's theory of constitutional rights. Alexy conceives of rights as “principles” possessing an optimizing character, such that when conflicts arise they must be weighed and optimized according to actual and legal possibilities (Alexy, 2002, 2014). Aharon Barak subsequently developed proportionality into a four-component framework of comparatively universal applicability within contemporary constitutional law (Barak, 2012).

The diffusion of proportionality into international and regional human rights law was not a mechanical transplantation of the German model, but the outcome of a shared need: international treaties frequently employ open-textured language permitting the limitation of rights in certain circumstances without themselves supplying a complete evaluative standard. Regional human rights law, in particular the ECHR, has made proportionality the central

vocabulary of judicial control, tied to formulas such as “necessary in a democratic society,” “pressing social need,” and “proportionate to the legitimate aim pursued” (*Handyside v. the United Kingdom*, 1976; *S. and Marper v. the United Kingdom*, 2008).

2.4. Theoretical Foundations

The deeper rationale for proportionality lies in the existence of conflict between rights and public interests. If rights are understood as optimizing mandates, they cannot be required always to prevail absolutely; yet neither can it be accepted that any public interest whatsoever may nullify a right. Alexy argues that weighing is the rational way to resolve collisions between principles, since each principle demands realization to the highest degree possible given actual and legal circumstances (Alexy, 2003a, 2003b). Barak emphasizes that proportionality is the mechanism for balancing the individual against the community within a constitutional democracy (Barak, 2012).

Yet scholarly critique demonstrates that proportionality is not the final word. Tsakyrakis argues that balancing may undermine the special standing of human rights, since rights should not be treated as interests commensurable on the same scale as public interests (Tsakyrakis, 2009). Urbina criticizes proportionality for risking the transformation of rights into negotiable factors, whereby courts conceal their own value choices beneath a veneer of technical rationality (Urbina, 2017). Webber likewise warns that, if a right is itself constituted by its limits, proportionality does not always supply the additional justificatory value its proponents claim (Webber, 2009). This scholarly dialogue suggests that proportionality is persuasive only when it is understood not as discretionary judicial power, but as a structured obligation of justification.

3. THE STRUCTURE OF PROPORTIONALITY REVIEW IN THE LIMITATION OF HUMAN RIGHTS

3.1. Legitimate Aim

The first step is not, under every system, treated as an independent component of the proportionality test, but it is always a threshold condition. The question is: what objective does the rights-limiting measure serve, and is that objective recognized by law? Both the ICCPR and the ECHR prohibit the state from invoking any interest arbitrarily; the state must identify an aim that is either enumerated or at least compatible with the structure of the relevant limitation clause.

In *Handyside*, the European Court of Human Rights (ECtHR) accepted that the protection of morals could constitute a legitimate aim, but this did not automatically legitimize the ban on

the book in question. This illustrates that legitimate aim is the gateway into proportionality analysis, not its endpoint. If the aim is illegitimate, the entire measure collapses at the outset. If the aim is legitimate, the court proceeds to scrutinize the means.

3.2. Suitability / Rational Connection

Suitability asks whether the measure is capable of contributing to the attainment of the aim. This is a preliminary, logical and empirical inquiry that does not require the measure to be flawless or certain to succeed. The state need not prove that the measure will definitely achieve its objective, but must demonstrate a rational connection between the means and the end (Barak, 2012).

It must be emphasized that suitability is not synonymous with necessity. A measure may be capable of advancing an aim while still falling short of being the least restrictive option. If a court stops at rational connection, proportionality is reduced to a superficial test. In *Bank Mellat*, the UK Supreme Court applied a four-stage approach demonstrating how a measure may bear a rational connection to a security objective yet still fail at a later stage, where it produces excessively broad effects or where a less intrusive alternative exists (*Bank Mellat v. HM Treasury*, 2013).

3.3. Necessity

Necessity examines whether an alternative measure exists that is equally capable of achieving the aim but less restrictive of the right. This is where proportionality exerts its strongest controlling function over public power, since it requires the state not merely to assert that its measure is useful, but to demonstrate that no less intrusive, equally effective alternative is available.

Necessity should not be understood as requiring that the state's measure be the only conceivable option in existence. The correct standard is that of the “less restrictive alternative” or “least restrictive means” among options of comparable effectiveness. In other words, the state need not choose the sole possible option, but must justify why less intrusive alternatives are insufficient to achieve the aim to an acceptable degree. In *Oakes*, the Supreme Court of Canada established minimal impairment as a core component of the limitation analysis, thereby placing considerable evidentiary pressure on the state to justify the exclusion of alternative measures (*R. v. Oakes*, 1986).

3.4. Proportionality Stricto Sensu

This is the most important, and most contested, stage of the analysis. Once a measure has survived legitimate aim, suitability, and necessity, the court must still ask whether the public

benefit achieved is sufficient to justify the degree of harm inflicted on the right. This is balancing in the narrow sense, not a mechanical aggregation of two quantities but a normative assessment of the acceptability of the harm to the right relative to the public interest secured.

A measure may be suitable and necessary yet still disproportionate. This is a point frequently obscured in both scholarly writing and judicial reasoning. In *S. and Marper*, the ECtHR did not merely ask whether the retention of DNA assisted criminal investigation; it also weighed the profound intrusiveness of indefinite retention of biological data on the right to privacy, the blanket character of the retention regime, and the absence of adequate safeguards. The result was that, although the aim of crime prevention was legitimate, the measure was nonetheless held disproportionate (*S. and Marper v. the United Kingdom*, 2008).

Balancing in the narrow sense is therefore not the most discretionary stage but the stage that most demands that the court articulate the structure of the trade-off. Courts must consider the severity of the interference, the scope of persons affected, the duration of application, the reversibility of consequences, and the quality of accompanying safeguards. Absent such rigour, proportionality *stricto sensu* degenerates into a conclusory formula rather than a genuine legal test.

4. PROPORTIONALITY IN THE PROTECTION OF HUMAN RIGHTS: SELECTED PRACTICE

4.1. Freedom of Expression

Article 19 of the ICCPR and Article 10 of the ECHR constitute two paradigmatic testing grounds for proportionality. In General Comment No. 34, the Human Rights Committee emphasizes that restrictions on freedom of expression must be provided by law, serve a legitimate objective, and be “necessary” in a strict sense; the Committee also requires states to demonstrate necessity on the basis of concrete facts rather than mere policy slogans (UN Human Rights Committee, 2011). This shows that proportionality at the international level has moved very close to a multi-step structure.

Handyside shows that the ECtHR accords the state a certain margin of appreciation on questions of social morality, but the margin of appreciation does not eliminate proportionality. On the contrary, precisely because a national margin exists, the court must scrutinize all the more closely whether a prohibition constitutes an excessive reaction to the invoked threat. In the field of expression, proportionality is especially necessary given the persistent risk of over-protecting public order, particularly where the state relies on open-ended concepts such as morality, security, or incitement.

4.2. Freedom of Assembly and Association

General Comment No. 37 of the Human Rights Committee affirms that the right of peaceful assembly must be presumed lawful and that the state must justify any restriction by a genuinely necessary reason, with the burden of proof resting on the state (UN Human Rights Committee, 2020). This clarifies a further important point: proportionality is not merely a question of whether interference occurred, but also a question of who must prove what.

In the field of assembly, controversy typically centres on administrative measures such as bans, dispersal, or overly broad conditions. Courts must examine whether the measure distinguishes between violence and peaceful conduct, and between actual risk and abstract assumption. Where the state adopts an extreme response to a gathering that is predominantly peaceful, proportionality analysis will reveal an absence of necessity and, in many cases, a failure of balancing in the narrow sense as well.

4.3. The Right to Privacy

In cases concerning surveillance and data retention, proportionality most clearly reveals its function of controlling public power. *S. and Marper* is a paradigmatic illustration: the court did not deny the objective of crime prevention, but emphasized that blanket retention, indefinite duration, and the absence of a mechanism differentiating between categories of individuals rendered the harm to privacy disproportionate to the benefit achieved. This is a compelling illustration of the proposition that a measure may pass suitability yet fail at necessity or at proportionality *stricto sensu*.

In the context of modern surveillance, proportionality must also confront a technological problem: where interference occurs at scale, courts cannot assess isolated individual impacts alone but must weigh cumulative effects, the risk of misuse, and the chilling effect on social behaviour. Absent this, proportionality theory will fail to keep pace with the realities of digital privacy.

5. DEBATES AND LIMITS OF THE PRINCIPLE OF PROPORTIONALITY

5.1. The Risk of “Weighing” Human Rights

The most fundamental objection to proportionality is scepticism that rights can be placed on the same scale as public interests as commensurable quantities. Tsakyrakis argues that balancing risks reducing rights to a matter of relative interest, rather than a moral and legal boundary possessing its own resistant force (Tsakyrakis, 2009). This is a serious criticism, since if balancing is practised as intuitive addition and subtraction, rights risk dissolving into the mere utility of policy.

This objection, however, is only partially correct. In legal practice, conflicts between rights and public interests are real, and courts must nonetheless decide. The question is not whether balancing should occur, but according to what standard, with what burden of proof, and within what limits. When properly structured, proportionality does not diminish the value of rights but compels the state to justify why a right may be limited in a given case.

5.2. Judicial Discretion

A further concern is that proportionality confers excessive value-choosing power on judges. When a court determines which interest weighs more heavily, which interference is more serious, or which measure is less restrictive, it is not merely applying law but participating in policy choice. Urbina regards this as a risk that undermines the democratic legitimacy of human rights adjudication, since such judgments may conceal subjectivity beneath a veneer of legal technique (Urbina, 2017).

This concern is well founded, but the remedy is not to abandon proportionality but to increase the transparency of judicial reasoning. A court genuinely applying proportionality must specify the type of evidence it accepts, its reasons for declining deference, and the standard of analysis at each stage. In other words, the problem is not judicial discretion as such, but rendering that discretion subject to control.

5.3. Proportionality and Deference

The margin of appreciation in ECHR case law reflects the tension between rigorous judicial scrutiny and the evaluative space afforded to elected institutions. This is not a negation of proportionality but a method of calibrating the intensity of review. In areas involving high policy discretion, complex technical evidence, or low European consensus, courts tend to accord states a wider margin. Deference, however, cannot become total abdication.

The correct question is when intensive review is warranted and when judicial restraint is appropriate. Core rights, discriminatory measures, blanket retention regimes, or prolonged interferences typically warrant stricter control. Conversely, in areas of broad policy allocation, courts may accept a wider margin, provided the state still discharges its burden of explanation at the necessity and proportionality *stricto sensu* stages (Legg, 2012).

5.4. The Risk of Formalism

A troubling reality is that many judgments merely recite the keywords “legitimate aim,” “necessary,” and “proportionate” without genuinely scrutinizing the state's reasons. Proportionality then becomes a ritualistic formula rather than a mechanism of oversight. This

is especially dangerous in national security cases, since invocation of security typically reduces the intensity of judicial scrutiny.

To avoid formalism, courts must demand specific evidence of a measure's effectiveness, scope, and impact. They must also identify clearly why less intrusive alternatives were excluded. Absent such demands for justification, proportionality fails at its core function: controlling the arbitrariness of public power.

5.5. Proportionality and Categorical Rights

Some scholars argue that certain rights, or at least certain core aspects of rights, should not be subjected to balancing at all. This argument carries particular force with respect to rights connected to dignity, the prohibition of torture, or other absolute prohibitions clearly established by international treaty. However, the majority of civil and political rights do not operate as absolute propositions, and international law itself recognizes that many rights may be lawfully limited.

Rather than positing a rigid opposition between balancing and categorical rights, it is therefore necessary to distinguish between content that may not be infringed and content that may be limited under proportionality. This approach preserves the absolute prohibitions of human rights law while retaining the capacity for reasonable adjustment with respect to rights whose limitation is recognized under treaty law.

6. PROPOSED ANALYTICAL MODEL

The article proposes a seven-step proportionality test. First, determine whether an interference with a right has occurred. Second, determine whether the interference has a clear legal basis that is sufficiently transparent and foreseeable. Third, identify the legitimate aim invoked by the state. Fourth, examine whether the measure bears a rational connection to, or is suitable for, that aim. Fifth, examine necessity by requiring the state to demonstrate that no feasible alternative exists that would be equally effective but less restrictive of the right. Sixth, examine proportionality *stricto sensu* by weighing the severity of the restriction, the importance of the right affected, the scope and number of persons affected, the duration of application, evidence of the measure's effectiveness, and accompanying safeguards. Seventh, determine the appropriate degree of judicial deference based on the type of right, the nature of the measure, the depth of interference, and the quality of evidence supplied by the state.

Under this model, the burden of proof rests initially with the state. Public authorities must identify the legal basis, the objective, evidence of effectiveness, and reasons for excluding less intrusive alternatives. Courts need not substitute their own policy judgment for that of the state,

but must verify whether the state's decision has been adequately justified. Strict scrutiny or intensive proportionality review should apply where the right is deeply affected, where the measure is blanket in character, where personal data or political expression is implicated, or where the state invokes security as a generalized justification unsupported by adequate evidence. Conversely, a wider margin of appreciation may be warranted in highly technical domains or areas of low normative consensus, but such a margin may never be used to exempt the state from its burden of justification.

7. CONCLUSION

The research question asked how proportionality functions to control the lawfulness and legitimacy of measures limiting human rights, and what structure should govern its application in order to limit the risk of excessive state interference. The analysis shows that proportionality is not merely a general standard of reasonableness, but a multi-step justificatory structure that requires the state to demonstrate a legitimate aim, the suitability of its measure, its necessity, and the acceptability of the ultimate trade-off. The value of proportionality, however, lies not in its capacity to generate a single correct answer for every case, but in its capacity to render judicial reasoning transparent, structured, and open to challenge.

Accordingly, the article's initial hypothesis is refined rather than accepted wholesale. Proportionality does indeed function to shift the burden of justification onto the party limiting the right and to help control public power, but this function is only realized when necessity is clearly separated from balancing and when courts refrain from confining themselves to formalistic recitation. The most appropriate understanding, therefore, is to conceive of proportionality as a structured justification framework, one that substantively protects human rights while preserving a reasonable margin of policy space for the state within the limits acceptable under the rule of law.

REFERENCES

- Alexy, R. (2002). *A theory of constitutional rights* (J. Rivers, Trans.). Oxford University Press.
- Alexy, R. (2003a). Constitutional rights, balancing, and rationality. *Ratio Juris*, 16(2), 131–140. <https://doi.org/10.1046/j.0952-1917.2003.00244.x>
- Alexy, R. (2003b). On balancing and subsumption: A structural comparison. *Ratio Juris*, 16(4), 433–449. <https://doi.org/10.1046/j.0952-1917.2003.00274.x>
- Alexy, R. (2014). Constitutional rights and proportionality. *Revus*, 22. <https://revus.revues.org/2783>
- Bank Mellat v. HM Treasury (No. 2), UKSC 39.
- Barak, A. (2012). *Proportionality: Constitutional rights and their limitations*. Cambridge University Press.
- General comment No. 27: Freedom of movement (art. 12). (1999). Human Rights Committee, CCPR/C/21/Rev.1/Add.9. <https://www.ohchr.org/en/documents/general-comments-and-recommendations/general-comment-no27-freedom-movement-art12>

- General comment No. 34: Freedoms of opinion and expression (art. 19). (2011). Human Rights Committee, CCPR/C/GC/34. <https://www.ohchr.org/en/documents/general-comments-and-recommendations/general-comment-no34-article-19-freedoms-opinion-and>
- General comment No. 37: Right of peaceful assembly (art. 21). (2020). Human Rights Committee, CCPR/C/GC/37. <https://www.ohchr.org/en/documents/general-comments-and-recommendations/general-comment-no37-article-21-right-peaceful>
- Handyside v. the United Kingdom, App. No. 5493/72, Eur. Ct. H.R. (1976).
- International Covenant on Civil and Political Rights. (1966).
<https://www.ohchr.org/en/professionalinterest/pages/ccpr.aspx>
- Kumm, M. (2006). Political liberalism and the structure of rights: On the place and limits of the proportionality requirement. In G. Pavlakos (Ed.), *Law, rights and discourse: The legal philosophy of Robert Alexy* (pp. 131–166). Hart Publishing.
- Legg, A. (2012). *The margin of appreciation in international human rights law: Deference and proportionality*. Oxford University Press.
- Möller, K. (2012). *The global model of constitutional rights*. Oxford University Press.
- R. v. Oakes, 1 S.C.R. 103.
- S. and Marper v. the United Kingdom [GC], Apps. Nos. 30562/04 & 30566/04, Eur. Ct. H.R. (2008).
- Tsakyrakis, S. (2009). Proportionality: An assault on human rights? *International Journal of Constitutional Law*, 7(3), 468–493. <https://doi.org/10.1093/icon/mop011>
- Urbina, F. J. (2017). *A critique of proportionality and balancing*. Cambridge University Press.
- Webber, G. C. N. (2009). *The negotiable constitution: On the limitation of rights*. Cambridge University Press.

THE RIGHT TO DISCONNECT AFTER WORKING HOURS IN FRENCH LAW AND ITS REFERENCE VALUE FOR VIETNAM

Hoang Le Buu

Thu Dau Mot University, Vietnam.

ORCID: [0009-0004-1854-1064](https://orcid.org/0009-0004-1854-1064)

Tran Thi Hoai Ngoc

Thu Dau Mot University, Vietnam

Abstract

This article examines the legal nature of the “droit à la déconnexion” under Article L.2242-17 of the French Labour Code, introduced by Law No. 2016-1088 (Loi Travail), and tests the proposition that the value of the French model lies not in creating an absolute right to refuse work-related contact, but in the obligation imposed on employers to negotiate and delineate the boundary between working time and rest time through collective bargaining. Using normative analysis, case-law analysis, and comparative legal method, the article shows that French law operates through a soft mechanism grounded in a duty to negotiate rather than a unilateral right of refusal, while identifying limitations concerning enforceability and dependence on employee representation structures. Comparing this with the 2019 Vietnamese Labour Code, the article identifies existing mechanisms that indirectly protect a similar interest and pinpoints specific legal gaps concerning after-hours electronic communication. On this basis, the author proposes a hybrid model combining statutory minimum standards with the autonomy of collective agreements and internal labour regulations, tailored to the characteristics of Vietnam's labour relations and its collective representation capacity.

Keywords: Right to disconnect; working time; collective bargaining; French Labour Code; Vietnamese Labour Code; occupational health; telework

1. INTRODUCTION

When employers send work-related emails or messages outside official business hours, a legal question remains unresolved in many jurisdictions, including Vietnam: does such contact create an obligation to respond, and if so, what are the legal consequences for working time, overtime, and remuneration? France was the first country to codify the “droit à la déconnexion” in statutory law in 2016, and is therefore often cited as a reference model. Yet much of the popular literature in Vietnam describes this provision in an oversimplified way, suggesting that French employees enjoy an absolute “right not to answer emails.” As this article demonstrates, this reading does not accurately reflect the legal nature of the institution.

Two research gaps need to be addressed. First, there is a lack of analysis that clearly separates statutory provisions, content established by collective agreements, voluntary

corporate policy, and scholarly interpretation regarding the “droit à la déconnexion” in French law. Second, studies on Vietnam tend to stop at the observation that “the law does not yet provide for this,” without examining in depth the indirect protective capacity of existing institutions under the 2019 Labour Code. This article aims to fill both gaps, test the central proposition set out above, and propose a legislative model suited to Vietnam.

2. The Right to Disconnect in French Law

2.1. Legal basis and protected subjects

French regulation of the right to disconnect was introduced into the Labour Code (Code du travail) by Law No. 2016-1088 of 8 August 2016, commonly known as the Loi Travail or El Khomri law, effective from 1 January 2017 (Dumančić, 2025). The central provision, Article L.2242-17, requires that within the framework of the mandatory annual collective bargaining on occupational gender equality and quality of working life, undertakings with 50 or more employees must include in the bargaining agenda “the means by which employees may fully exercise their right to disconnect,” together with the establishment of mechanisms regulating the use of digital tools (European Law Institute, 2023). Regarding protected subjects, the right applies in principle to all employees, but has particular significance for those working under the forfait jours regime, where working time is measured in days rather than hours, a group especially prone to blurred boundaries between professional and private life.

Notably, Article L.2242-17 does not itself define the substantive content of the right to disconnect; it merely establishes a duty to negotiate on the matter. The specific content, such as the time windows during which contact is permitted or the procedures for handling genuine emergencies, is established by collective agreement, or, failing agreement, by a unilateral charter issued by the employer after consultation with the social and economic committee (Dumančić, 2025). In other words, the statute creates a procedural obligation, not a uniform substantive right applicable to all undertakings.

2.2. Legal nature: a soft mechanism based on negotiation, not an absolute right of refusal

Do French employees hold an absolute right not to respond to after-hours contact? The answer requires layered analysis. As a matter of general principle governing working time and rest periods, employees are not obliged to remain under the employer's direction outside agreed working hours, a direct consequence of the minimum daily and weekly rest guaranteed at 11 consecutive hours per 24-hour period under Directive 2003/88/EC (cited in Dumančić, 2025). Yet Article L.2242-17 does not create an active, independently enforceable “right of refusal”;

it creates a duty to negotiate, and indirectly, an obligation on the employer to respect rest time as defined in the resulting agreement or charter.

Notably, the Cour de cassation had already recognised the principle of respect for private life and rest time before the 2016 law, drawing on general principles protecting privacy and limiting the employer's managerial prerogative (Dumančić, 2025). This suggests that, from the judiciary's perspective, the right to disconnect is rooted in pre-existing principles of privacy protection and rest time rather than being an entirely new creation; the 2016 law merely formalised it and attached it to the collective bargaining mechanism.

Legal scholars likewise emphasise this soft character. Lerouge and Trujillo Pons (2022), in a comparative study of France and Spain published in the *European Labour Law Journal*, note that the French model's distinguishing feature is the combination of a mandatory legal duty to negotiate with flexibility for the parties themselves to determine substantive content, meaning that real-world protective effect depends heavily on the quality of collective bargaining at each individual undertaking. This is a scholarly assessment of practical effectiveness, not a statement of positive law; the author concurs with this assessment, since Article L.2242-17 itself only imposes a procedural duty without fixing mandatory minimum content.

2.3. Employer obligations and the role of collective bargaining

The employer's direct obligation under Article L.2242-17 is to place the disconnection issue on the agenda of the mandatory annual collective bargaining at undertakings with 50 or more employees, that is, to initiate negotiation, provide information, and enable employee representatives to participate in establishing rules on digital tool use outside working hours.

Collective bargaining plays a central, not merely supplementary, role here. It is the collective agreement, not the statute, that determines specific content: permissible contact hours, procedures for handling genuine emergencies, technical measures such as suspending email servers, and awareness training for middle management. In essence, the law merely “triggers” the negotiation process, while substantive protection depends on the capacity and willingness of trade unions or employee representatives at each undertaking.

2.4. Where no collective agreement is reached

Where negotiation fails to produce an agreement, Article L.2242-17 does not leave a complete vacuum. The employer remains obliged to draw up a unilateral charter, after consulting the social and economic committee, setting out the conditions for exercising the right to disconnect and measures for training and raising awareness on the reasonable use of digital

tools (Dumančić, 2025). The hierarchy of sources is thus clear: priority is given to a negotiated collective agreement; failing agreement, a unilateral charter is a mandatory, not discretionary, substitute. This differs from the common assumption that “no agreement means no binding rule”: French law requires that at least one internal instrument address the matter even where negotiations fail.

2.5. Relationship with working time, rest periods, overtime, and occupational health

Structurally, the right to disconnect in France is closely tied to the rest-period regime rather than standing as a separate institution. This approach aligns with Directive 2003/88/EC, under which the Court of Justice of the European Union, in *Matzak* (C-518/15), established that stand-by time during which a worker is obliged to be present or to respond within a short timeframe may be classified as working time, given the degree of restriction on the worker's ability to freely use personal time (Court of Justice of the European Union, 2018; cited in Dumančić, 2025). Scholars have extended this principle, originally established for physical stand-by duty, to argue that being compelled to respond to digital contact after hours within a very short window may similarly bear the character of working time, although the CJEU has not yet issued a direct ruling confirming this for electronic communication (Dumančić, 2025). This is a scholarly analytical claim rather than settled law, and the article presents it accordingly, as an academic reference point.

Regarding overtime, French law does not automatically treat responding to after-hours emails as overtime; the matter is resolved under general principles: if an employee genuinely expends effort to carry out work at the employer's request outside official hours, that time should in principle be counted as working time and may give rise to an overtime pay entitlement, depending on the applicable working-time regime. The right to disconnect thus functions primarily as a preventive mechanism, aimed at forestalling such situations through clear boundaries set out in agreements or charters, rather than as a mechanism for determining financial consequences after contact has already occurred.

On occupational health and safety, the European Law Institute's Guiding Principles (2023) classify the right to disconnect within the category of occupational health and safety rules, serving a dual purpose: protecting physical and psychological health by ensuring genuine rest time, and contributing to work-life balance, with particular significance for gender equality given that unpaid care work continues to fall disproportionately on women. This is also why

Article L.2242-17 is situated within the framework of negotiations on occupational gender equality rather than as a standalone chapter.

2.6. Enforceability and sanctions

The 2016 law does not provide for separate administrative or criminal sanctions for breach of the duty to negotiate or violation of the content of an agreement or charter on disconnection. Enforcement relies mainly on two mechanisms: the duty to bargain collectively is itself mandatory, and non-compliance is addressed under the general regime governing breaches of mandatory collective bargaining obligations; and where a specific dispute arises, an employee may bring a claim based on general principles protecting privacy and rest time, or on the specific content of the agreement or charter applicable at their undertaking, with courts assessing whether the contact carried genuine binding force and whether failure to respond produced adverse consequences (Dumančić, 2025). Sanctions therefore do not flow directly from Article L.2242-17 itself but from the consequences of breaching obligations specified in the agreement, or from the general principle prohibiting disciplinary action against an employee for exercising a legally protected right.

3. Assessment of the French Model

The clearest strength of the French model is that it formalises the disconnection issue as a mandatory bargaining topic, compelling undertakings to confront it systematically rather than ignore it. The mechanism also offers considerable flexibility, allowing protective content to be tailored to industry characteristics, undertaking size, and workplace culture, rather than imposing a rigid standard ill-suited to senior management or roles requiring on-call availability (Dumančić, 2025).

This same feature, however, generates a corresponding weakness. Because substantive content depends on bargaining outcomes, real-world protective effect is uneven across undertakings: where unions are strong, detailed agreements with concrete technical measures may be achieved, whereas where employee representation is weak, only a formalistic charter may result (Lerouge & Trujillo Pons, 2022). The mandatory threshold of 50 employees also excludes a significant portion of the workforce at smaller undertakings from the duty to negotiate, even though the right in principle applies to all employees.

A more structural limitation lies in the blurred boundary between the right to disconnect and professional obligations in the digital environment. Determining when after-hours contact creates a legally binding obligation, and therefore may constitute working time, depends on case-by-case assessment based on urgency, the time allowed for response, and whether failure

to respond produces adverse consequences. The CJEU in *Matzak* suggested such criteria for physical stand-by duty, but has not directly applied them to electronic communication outside working hours (Dumančić, 2025), leaving the parties without a clear determinative standard. For telework and flexible working arrangements, the issue becomes more complex still, since there is no longer a clear spatial boundary between the workplace and the place of rest, making compliance monitoring considerably harder than in a fixed office environment.

Overall, the right to disconnect within the broader system of rest-period protection should be understood as a supplementary, preventive, and procedural mechanism, not as an independent institution with predetermined substantive content. Its greatest value lies in compelling the parties to make the temporal boundary explicit and subject to discussion, rather than granting employees a unilateral, absolute “off switch.” This confirms the central proposition tested in this article: evidence from the text of Article L.2242-17, bargaining practice, and scholarly analysis all indicate that the value of the French model lies in the obligation to establish boundaries through negotiation, not in creating an absolute right of refusal.

4. Vietnamese Law and the Gap Concerning the Right to Disconnect

Vietnam's 2019 Labour Code does not recognise a standalone institution called the “right to disconnect.” However, several existing provisions have the capacity to indirectly protect a similar interest, and this requires closer analysis rather than the conclusory statement that “the law has no provision on this.”

First, the provisions on normal working hours under Article 105 (not exceeding 8 hours/day and 48 hours/week) and the rules on weekly rest and rest breaks establish a temporal framework separating work from rest, functionally similar to Directive 2003/88/EC in Europe. In principle, once working hours under the contract or internal labour regulations end, the employee is no longer obliged to remain under the employer's direction, except where overtime has been properly agreed. Second, the provisions on overtime and overtime pay provide a basis for addressing the financial consequences where an employee genuinely must handle work outside hours at the employer's request, provided this properly constitutes overtime. Provisions on occupational safety and health, which impose a duty on employers to ensure working conditions that do not harm health, may also be invoked to argue for an obligation to prevent overload caused by continuous digital contact, similar to the European approach treating the right to disconnect as part of occupational health and safety (European Law Institute, 2023). Finally, collective labour agreements and internal labour regulations are legitimate instruments

through which employee representative organisations may introduce limits on the timing and means of after-hours contact, although current law does not mandate negotiation on this issue as Article L.2242-17 does in France.

That said, these mechanisms provide only indirect protection and do not directly resolve the central question: whether after-hours electronic contact constitutes working time, and whether an employee has the right not to respond without being deemed in breach of discipline. This is precisely Vietnam's specific legal gap.

Consider the scenario where an employer sends emails or messages via Zalo, Microsoft Teams, or other work platforms after hours, requiring the employee to read, respond to, or resolve a matter. This can be analysed by degree. Where the request requires the employee to spend significant time on substantive work, such as drafting a document or resolving a prolonged issue, that time in principle bears the character of actual working time and may give rise to an overtime pay entitlement under Articles 107 and 98 of the 2019 Labour Code, provided the employee's consent to overtime has been properly obtained. Where the employee need only check and reply within a few minutes, current Vietnamese law contains no specific provision addressing this “short binding time,” a situation analogous to what European scholarship terms “stand-by time,” which itself remains unsettled in Europe beyond CJEU case law on physical on-call duty (Dumančić, 2025). As a matter of general principle, an employee has no legal obligation to respond to work matters outside agreed working hours, unless the employment contract, internal labour regulations, or collective agreement provides for a duty of on-call availability with corresponding compensation. Accordingly, in principle, an employer cannot discipline an employee solely for failing to respond to after-hours contact absent such an agreement or lawful internal provision.

More specifically, the legal gap lies in three points: the absence of criteria for classifying when brief after-hours contact constitutes working time, leaving the application of Article 107 without a clear basis for this type of situation; the absence of any mechanism compelling undertakings to make contact rules transparent in internal regulations or collective agreements, unlike France's mandatory bargaining duty; and the absence of provisions protecting employees from informal adverse consequences, short of formal discipline, such as effects on performance evaluation or promotion prospects, when they do not respond to after-hours contact.

5. Reference Value and Recommendations for Vietnam

5.1. Three legislative options

Option 1: Recognise an independent “right to disconnect” in the Labour Code. The advantage is clarity, ease of communication, and strong symbolic value in protecting employees. However, if the right is merely declared without a mechanism for substantive elaboration and sanctions, the provision risks becoming formalistic, mirroring the very limitation Article L.2242-17 faces at undertakings with weak employee representation (Lerouge & Trujillo Pons, 2022). Legislating an independent “right” without clearly defining its boundary against professional obligations also risks generating disputes over application, particularly for managerial staff or roles requiring on-call availability.

Option 2: Forgo an independent right, instead adding an employer obligation to respect rest time and limit work demands outside working hours. The advantage is that it attaches directly to the existing working-time and rest-period regime, avoiding the creation of an overlapping new institution, while placing proactive responsibility on the employer, consistent with the employee's weaker bargaining position in the employment relationship. The drawback is that, absent a mechanism for substantive elaboration through negotiation, this general obligation may be too abstract for uniform application across Vietnam's highly diverse range of undertakings and industries.

Option 3: A hybrid model, whereby the law sets minimum standards and delegates elaboration to collective bargaining, employment contracts, and internal labour regulations. This model resembles the French approach but requires adjustment. Its advantage lies in combining mandatory character, ensuring every undertaking must address the issue, with flexibility, allowing content suited to each undertaking's particularities. Its limitation is that effectiveness still depends on collective bargaining capacity at the enterprise level, an area where Vietnam lags considerably behind France.

5.2. Selection and justification of the preferred option

This article selects Option 3, the hybrid model, but with adjustments to the French original to suit Vietnam's characteristics. The French mechanism of a “mandatory duty to negotiate coupled with a 50-employee threshold” should not be replicated as is, because collective bargaining in Vietnam remains underdeveloped, and many small and medium enterprises lack employee representative organisations with sufficient capacity to independently elaborate protective content if the law merely imposes a procedural duty to negotiate without a substantive minimum standard.

Specific adjustments should be implemented through amendments to the Labour Code and an implementing decree. First, a statutory minimum standard should be added, differing from France's negotiation-only obligation: outside agreed working hours, an employee should have no obligation to respond to work-related electronic contact, except where overtime, on-call duty, or clearly defined exceptions have been agreed. This departure is necessary because Vietnam's collective bargaining capacity is not yet strong enough to independently establish a standard absent a statutory floor.

The role of the collective labour agreement should be to elaborate and flexibly adjust the statutory minimum, for instance by extending permissible contact hours for particular industries or specifying compensation for on-call arrangements. Internal labour regulations should serve as the mandatory instrument at undertakings without a collective agreement, functioning similarly to France's unilateral charter where negotiation fails, and such regulations should be registered with the labour management authority to ensure a minimum level of oversight.

Employers should be obligated to specify, in internal regulations or the collective agreement, permissible contact hours and procedures for handling genuine emergencies, and should be prohibited from using an employee's failure to respond to after-hours contact, within the scope protected by law, as a basis for performance evaluation or disciplinary action. Employees, correspondingly, should be entitled to decline to respond to work-related contact outside working hours without adverse consequence, while retaining the right to claim overtime pay where they are in fact required to perform substantive work outside hours.

Regarding exceptions, reasonable provision should be made for senior management whose roles inherently require frequent contact, with corresponding compensation; for shift-based on-call work with clearly agreed terms and compensation; and for genuine emergencies threatening safety, property, or urgent legitimate interests. The public sector requires separate guidance given the distinct discipline of public service and the readiness requirements of certain positions.

As for enforcement, given Vietnam's limited labour inspection capacity relative to the task of overseeing all undertakings, priority should be given to resolving individual disputes through labour conciliators, labour arbitration councils, and courts, based on registered internal regulations and agreements, combined with inspections verifying the presence of such content in registration files, analogous to France's requirement that some written instrument exist, regardless of its specific content, where negotiation fails.

As for the appropriate legislative instrument, a new principle-based provision should be added to the Labour Code on respecting rest time in electronic communication, accompanied by an implementing decree specifying the minimum content required in internal labour regulations and collective agreements, following the same approach the current Labour Code uses in framing overtime and occupational safety provisions with detailed decree-level guidance. A mere circular would be insufficient, given that this matter concerns a fundamental employee interest requiring a commensurate legal standing.

Conclusion

This research shows that the legal nature of the “*droit à la déconnexion*” in French law is not an absolute right to refuse all after-hours contact, but a mandatory duty to negotiate aimed at establishing the boundary between working time and rest time in the digital environment, elaborated primarily through collective agreements or, where negotiation fails, through a unilateral employer charter. The central proposition tested in this article, that the value of the French experience lies in the obligation to define boundaries rather than in creating an absolute right, is supported by the legal and scholarly sources examined, particularly through analysis of the text of Article L.2242-17 and comparative scholarly assessments of the dependence of protective effectiveness on the quality of collective bargaining.

For Vietnam, the most important finding is that, although no independent institution called the “right to disconnect” yet exists, the provisions on working time, rest periods, overtime, and occupational safety in the 2019 Labour Code already create a certain framework of indirect protection. The specific gap lies in the absence of criteria for determining when brief after-hours contact constitutes working time, the absence of a mechanism compelling undertakings to make contact rules transparent, and the absence of protection against informal adverse consequences when employees do not respond.

The greatest reference value of the French experience for Vietnam, therefore, is not the wholesale replication of a bare negotiation obligation, but the lesson of combining statutory standards with the tool of collective bargaining, adjusted to Vietnam's still-limited collective representation capacity by adding a statutory minimum content floor, rather than relying solely on a procedural duty to negotiate as in France. The hybrid model selected and defended in this article, combining a statutory minimum standard with elaboration through collective agreements and internal labour regulations, constitutes the study's principal contribution, providing a concrete basis for amending the Labour Code and drafting implementing guidance on after-hours electronic work communication in Vietnam.

REFERENCES

- Court of Justice of the European Union. (2018). *Judgment of 21 February 2018, Ville de Nivelles v Rudy Matzak, Case C-518/15, ECLI:EU:C:2018:82*.
- Dumančić, K. (2025). Hi boss, don't send me an e-mail when I sleep: Implementation of “the right to disconnect” into the EU law. *EU and Comparative Law Issues and Challenges Series (ECLIC)*, 9, 42–63. <https://doi.org/10.25234/eclic/38090>
- European Law Institute. (2023). *Guiding principles on implementing workers' right to disconnect*. European Law Institute. https://europeanlawinstitute.eu/fileadmin/user_upload/p_eli/Publications/Guiding_Principles_Workers_Right_to_Disconnect.pdf
- Lerouge, L., & Trujillo Pons, F. (2022). Contribution to the study on the 'right to disconnect' from work: Are France and Spain examples for other countries and EU law? *European Labour Law Journal*, 13(3), 450–465. <https://doi.org/10.1177/20319525221105102>
- European Parliament and Council of the European Union. (2003). *Directive 2003/88/EC of 4 November 2003 concerning certain aspects of the organisation of working time*. Official Journal of the European Union, L299/9. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32003L0088>
- République Française. (2016). *Loi n° 2016-1088 du 8 août 2016 relative au travail, à la modernisation du dialogue social et à la sécurisation des parcours professionnels* (Article L.2242-17, Code du travail). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000032983213/>
- National Assembly of the Socialist Republic of Vietnam. (2019). *Labour Code* (Law No. 45/2019/QH14).

PROPER FERTILIZATION OF MEADOWS WITH MANURE FOR OBTAINING HIGH-QUALITY OF GRASS FOR ANIMAL NUTRITION

Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ

Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia

ORCID ID: 0000-0003-4751-6760

Prof Dr Jovan BOJKOVSKI

Faculty of Veterinary Medicine University in Belgrade, Belgrade, Serbia

ORCID ID: 0000-0001-7097-2559

Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA

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

ORCID ID: 0000-0002-5056-8003

MSc Ivanka HADŽIĆ

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

ORCID ID: 0009-0005-3032-0173

ÖZET

Fertilizing meadows with manure is the oldest method of improving the fertility of meadows with organic matter. As manure is characterized by exceptional nutritional properties related to the soil, a multitude of both organic and some inorganic substances that are very necessary for the soil, if it is applied correctly, the result of the application will be improved fertility and improved microbiological life in the soil. In this way, an increase in the productivity of the above-ground mass (plants) is achieved. In addition, there are numerous advantages related to the improvement of soil structure, long-term release of nutrients and less or completely excluded need for artificial fertilizers. after grazing, it is the right time to apply manure, because in that period the nutrients from the manure have enough time to break down and penetrate the soil before the start of the growing season, which starts in the spring. One alternative to applying manure in autumn and early winter is application in early spring. Most often, this kind of application is avoided and very rarely used, because you have to be careful about damaging young plants during such application. Also, it is important to note that it is important to avoid application during the rainy season. Too much moisture, ie. water can cause nutrients to leach into deeper soil layers, reducing their availability to plants. Application in the amount of 20 to 30 tons of manure per hectare is recommended. After the manure has been spread, it is preferable to lightly incorporate it into the surface layer of the soil by means of shallow plowing or discing. This prevents nutrient loss through evaporation and improves its integration with the soil. Application in the amount of 20 to 30 tons of manure per hectare is recommended. Use mature manure for a more balanced composition that is easier to decompose.

Anahtar kelimeler: fertilization of meadows, manure, animal nutrition

THE TWO DECADES FOLLOWING WORLD WAR II AND RECONSTRUCTION URBAN PLANNING IN THE 20TH CENTURY

Prof. Dr. Celestina FAZIA

Department of Architecture and Engineering, University Kore of Enna, Enna, Italy

ORCID ID: 0009-0000-6938-0660

Dr. Sara LA PAGLIA

Department of Architecture and Engineering, University Kore of Enna, Enna, Italy

Abstract. This work offers a rigorous and comprehensive examination of the evolution of Italian urban planning and of the architectural theories that emerged during the 20th century, with a particular

focus on the interwar period and the complex processes of physical, social, and regulatory reconstruction. The research adopts a dual methodological perspective: an analytical-theoretical dimension of a historical and regulatory nature at the national and European levels, and an applied-empirical dimension focused on the genesis and transformation of the urban structure of Reggio Calabria.

The first section of the study traces the dramatic socioeconomic context of the post-World War I period and the advent of the Fascist regime, analyzing how land-use planning became a primary ideological tool for building consensus, establishing social hegemony, and celebrating totalitarian power. Through an examination of the disciplinary debate of the time, the conceptual divide between urban planning—understood as a purely technical, administrative, and hygienist practice—and modern urbanism, formulated by leading figures such as Gustavo Giovannoni as a complex and organic discipline oriented toward the protection of historical heritage, welfare, and social integration, is highlighted.

This thesis provides a detailed account of the evolution of the Italian legislative framework, analyzing the impact of legislation on public housing, the Consolidated Law on Affordable and Public Housing of 1938, and the enactment of the seminal Urban Planning Law No. 1150 of 1942, a true milestone for the nation's territorial planning. This theoretical and regulatory framework is reflected in practice through an examination of the major master plans of the era: the Rome Urban Plan (1931) with the demolition of historic city centers, the Milan Plan (1934) characterized by economic and functional dynamism, and the Naples Plan (1939). In this context, the exhibition explores the urban planning experiences of the E42/EUR—a manifesto of celebratory and monumental architecture—and the phenomenon of the Roman satellite towns, an expression of spatial segregation and, at the same time, of the first policies of public housing for social assistance. The study expands to the international scene, comparing the experience of European Rationalism

(from the Bauhaus in Weimar and Dessau to the principles of Le Corbusier and Mies van der Rohe) with the various manifestations of Italian architecture during the “Ventennio.” It thus highlights the complex dialectic between the rationalist avant-garde of Gruppo 7 (as embodied by Giuseppe Terragni) and the monumental and academic eclecticism promoted by Marcello Piacentini.

Key words: urban planning; master plans; post-World War

THE SOL-GEL METHOD-PREPARED DIMETHYL ETHER SYNTHESIS FROM SYNGAS OVER CU-ZN/AL₂O₃ CATALYSTS

Uday Som^{1*}

¹⁾Shizuoka University, Faculty of Integrated Science and Technology, Department of Engineering,
Applied Chemistry and Biochemical Engineering, Japan.

ABSTRACT

Dimethyl ether (DME) is the simplest ether, a neither toxic nor carcinogenic molecule with a boiling point of $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, but it is a liquid at room temperature under a relatively low pressure. DME is a clean fuel alternative to liquified petroleum gas (LPG), diesel engine, power generation in gas turbine plants, propellant of cosmetic products, and used as a chemical intermediate for light olefins and synthetic gasoline production. DME burns without any particulate matter (PM), sulfur-free property and low emission of NO_x and CO. DME has a high cetane number and easy to carry and storage of hydrogen and energy. The surface, texture, and structure all perform a major role in intermediate manufacturing. For insight into this, we performed gas chromatography analysis. We have produced DME at various pressures (0.4, 0.9, 1.4, 1.9, 2.4) MPaG using Cu-Zn/Al₂O₃ catalysts. All three of the solid acids exhibited some degree of deactivation during the reaction, but they were all active and selective in the formation of DME when paired with the copper-based catalyst. The highest production rate of DME was observed when the reaction pressure is 2.4 MPaG.

Keywords: Hydrogenation, CO Conversion, sol-gel method, dimethyl-ether (*DME*), XRD analysis.

THE USE OF GIS FOR GEOSPATIAL ANALYSIS ALONG ABUJA KADUNA HIGHWAY

Vandefan John Adekwagh¹, Vandefan James² and Ode Onyeche Ann³

¹The Department of Microbiology, Veritas University, Abuja

²Nigerian Police Force, Force Headquarter, Abuja

³Department of Geography and Environmental management, Faculty of Geography and Atmospheric Sciences, Abuja University, Nigeria

ABSTRACT

Kidnapping along the Kaduna–Abuja Road has become a major security challenge in Nigeria, leaving the route nearly deserted despite multiple checkpoints and joint patrols. This study assessed the performance of the Nigerian Police Force (NPF) in combating kidnapping using a cross-sectional descriptive survey. Data were collected from 485 respondents, including police officers, residents, commuters, farmers, vigilante groups, and traditional/religious leaders, through questionnaires, interviews, focus group discussions, and police records. Findings revealed that the causes of kidnapping include poverty, unemployment, proliferation of arms and military uniforms, cashless economy policy, moral decadence, corruption, poor governance, inadequate equipment of law enforcement agencies, and inequality. Five major flashpoints prone to kidnapping were identified: Gonin-gora, Rijana, Jere, Maraban-Rido, and Gangara. Results showed that 60.5% of residents considered the NPF ineffective, while 59.6% expressed dissatisfaction with its performance. Challenges faced by the police include inadequate funding, corruption, poor training, lack of modern security gadgets, uncooperative GSM operators, and negative public perception. Strategies adopted include general policing measures and specialised units such as the IGP Intelligence Response Team, C

Keywords

Kidnapping, Nigerian Police Force, Kaduna–Abuja Road, Security Challenges, Community Policing, Corruption, Poverty, Unemployment, Flashpoints, Law Enforcement Effectiveness

Introduction

Insecurity is a serious problem that has hindered development and justifiable growth and change in any Nation. Insecurity involves means: absence of safety; danger; hazard; uncertainty; lack of protection, and lack of safety. Achumba, et al., (2013) defined insecurity as the state of being open or subject to danger or threat of danger; and/or exposed to risk or anxiety, danger connotes the condition of being susceptible to harm or injury while anxiety is a unclear unpleasant emotion that is experienced in expectation of some calamity.

Nigeria is recently faced with increasing insecurity that changes from ethno religious, farmer-herdsmen clashes into cattle rustling and later to banditry, kidnapping of people for ransom and assassination (Okoli and Okpaleke, 2014). This has reached an alarming state that the security

agencies are becoming helpless and vulnerable and not being able to protect the lives and properties of the ever-growing population of Nigeria.

Abuja- Kaduna Road been a foremost flashpoint to different types of this insecurity that has led to huge humanitarian crisis, weakened social capital and breakdown of democratic norms and values (WANEP, 2018). The insecurity in Kaduna revolves around three different but interlinked threats.

Kidnapping as a criminal behaviour is not entirely a new social problem in the world. It is a global phenomenon with different degrees and intensity in terms of its practice. The practice of kidnapping event dates back to 17th century (Akpan, 2010). It started in Britain when, infants (kids) of wealthy families would be 'napped' (caught in the sleep) for ransom (Tzannelli, 2010; Okoli & Agada, 2014). Kidnapping is a form of violent crime commonly identified with the illegal seizure of persons against their will for several criminal reasons (Chidi, 2014). Okoli and Agada (2014) perceive kidnapping as an organized crime that has its essence in the unlawful intentional deprivation of a person's freedom from movement in an attempt to exploit the situation to extort money or other advantages. It is an old and contemporary criminal activity in both developed and developing nations.

Countries that have experienced the menace of kidnapping include Mexico, Colombia, South Africa, United States of America, Iraq, Cameroon, Nigeria and others (Aminu, 2010; Ene, 2018). Although both developed and developing countries can reckon with the problem of kidnapping, the problem of kidnapping was a major problem in developing countries prior to colonialism, in the era of slave trade, because of its economic gains, rituals benefit for power and burying of monarchs (Omonijo *et al.*, 2019). After the eradication of slave trade, kidnapping seized to be the major source of income for traditional rulers and merchants but its engagement for rituals and money has persisted (Ordu, 2017).

The oldest record of Kidnapping in Nigeria after the slave trade era is the 1984 aborted abduction of Umaru Dikko, former second republic Minister of Transport which was strange to Nigerians (Odoma & Akor, 2019). However, kidnapping in Nigeria first attracted national attention on 25th February, 2006, when restive youths in the Niger Delta abducted some foreign oil workers in the bid to press home their demand for restitution and increased infrastructural development (Abdulkabir, 2017). Since then, this deadly crime has not only become ubiquitous, it has been shamelessly commercialized in different parts of the country. The entire Nigerian landscape appears to be under the siege of kidnappers as virtually every part of the country has suffered from the menace.

With all the proactive steps adapted by the police and other security agencies, kidnapping has been on the increase along Abuja –Kaduna Road. To end scholars such as Abdullah and Abdulkadir (2021), Ruwan *et al.* (2020), and Saidu *et al.* (2018) have all carried out related studies to the current one, with attention focused on intelligence gathering on kidnapping incidence along Abuja – Kaduna express road of Nigeria using geospatial technologies, examination of the incidences, causes and effects of kidnapping, as well as the growing act, possible motives and the complexities in its control. These empirical studies amongst others have so far failed to examined in details the performance of the Nigerian Police Force (NPF) in combating kidnapping along the Abuja – Kaduna Road, by trying to understand the sentiments of Nigerian on the performance of the NPF in combating the menace, the challenges mitigating against their efforts as well as strategies used by the NPF in this fight. These gaps thus justified the need to carry out the current study.

RESEARCH METHODOLOGY

3.1 The Study Area

3.1.1 Location

The Abuja-Kaduna highway or Abuja-Kaduna expressway is a highway in Nigeria that connects the national capital of Abuja with the city of Kaduna. Depending on the definition used, it is between 155 kilometres (96 mi) and 200 kilometres (120 mi) in length. It is primarily part of the A2 highway but the section nearest Abuja is part of the A234 highway. Regarded as one of Nigeria's most important highways runs from North to South. The Abuja-Kaduna Road forms a critical part of this larger highway system, enabling the movement of people and products from the North to the South and vice versa - thereby uniting the Nigerian people and economy, and connecting Nigeria to North Africa via the Lagos-Algiers Trans-African Highway. The expressway lies between the boundaries of the Abuja, Niger and Kaduna States, and falls within longitude 6° 00' to 8° 00' east of the Greenwich Meridian and latitude 9° 00' to 11° 00' north of the Equator with a total length of 123km, from Diko Junction to Kaduna (Dangana, 2021).

3.1.2 Weather and Climate

The Abuja – Kaduna Road experiences the tropical savanna climate or tropical wet and dry climate beginning from the tropical rainforest climate boundary in southern Nigeria to the central part of Nigeria, where it exerts enormous influence on the region. The tropical savanna climate exhibits a well-marked rainy season and a dry season with a single peak known as the summer maximum due to its distance from the equator.

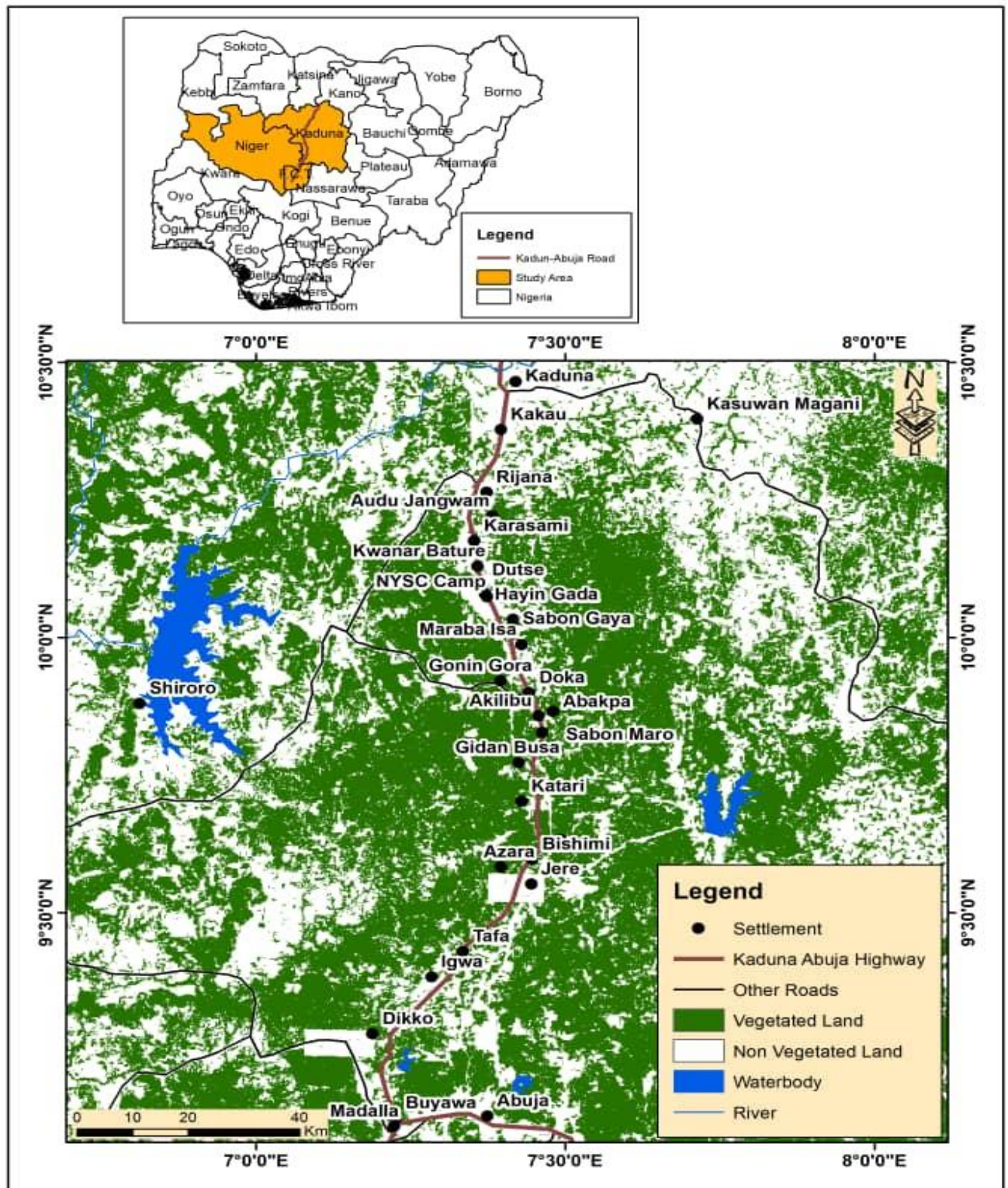


Figure 3.1: The Abuja-Kaduna express road, Nigeria

Source: NIGIS, 2022.

Temperatures are above 18°C (64°F) throughout the year. Abuja, Nigeria's capital city found in central Nigeria, has a temperature range of 18.45°C (65.21°F) to 36.9°C (98.4°F), and an annual rainfall of about 1,500mm (59.1in) with a single rainfall maximum in September

(Dangana, 2021). The single dry season experienced in the tropical savanna climate in the central Nigeria beginning from December to March, is hot and dry with the Harmattan wind, a continental tropical (CT) air mass laden with dust from the Sahara Desert prevailing throughout this period.

With the Inter Tropical Convergence Zone (ITCZ) swinging northward over West Africa from the Southern Hemisphere in April, heavy showers coming from pre-monsoonal convective clouds mainly in the form of squall lines also known as the north easterlies formed mainly as a result of the interactions of the two dominant air masses in Nigeria known as the Maritime tropical (south westerlies) and the Continental tropical (north easterlies), begins in central Nigeria while the Monsoons from the South Atlantic ocean arrives in central Nigeria in July bringing with it high humidity, heavy cloud cover and heavy rainfall which can be daily occurrence lasting till September when the monsoons gradually begin retreating southward to the southern part of Nigeria. Rainfall totals in central Nigeria varies from 1,100 mm (43.3 in) in the lowlands of the river Niger Benue trough to over 2,000 mm (78.7 in) along the south western escarpment of the Jos Plateau (Olayemi *et al.*, 2014; Dangana, 2021). While climate change may not be a direct root cause of kidnapping it is recognized as a predominant destabilizing force that fosters an enabling environment for violent organisations and gangs such as kidnappers. The raining season in the study area in most times is strong and heavy. More so the dry season/Harmattan bring with thick fog, and strong windy cold air. All of these restrict movement for residents and commuters along the area, and strongly undermines the capacity of security operators in the area to carryout patrol and respond to distress call, thus making fostering an enabling condition for kidnappers to abduct residents and commuters in the area.

3.1.3 Soil and Vegetation

Basically, the vegetation of the study area could be termed to be partly Sudan Savannah type, characterized by scattered short trees, shrubs and grasses and partly Guinean forest-savanna mosaic, made up of plains of tall grasses which are interrupted by trees, the most common across the country. The soil type is mostly loamy to sandy type. A substantial amount of clay is found also. (Ako *et al.*, 2014; Dangana, 2021). A clear understanding of the soil composition and vegetation of a study area is invaluable to security operative as it provides ample information on how much they can either facilitate or deter kidnapping. From the description of the soil the nature/composition of soil in the study area as well as the vegetation of the area suggest that they have the tendency of facilitating kidnapping the study area as plains of tall

grasses and trees can perfectly hide perpetrators of this heinous criminal activity from victims, bystanders and security response team (Wolfe & Mennis, 2012). More so, the soil composition of the study makes it easy for kidnappers to cover more grounds and escape over a short period of time. Nevertheless, soil of the study area can be a very useful matrix for investigation of kidnapping cases in the study area, in both an intelligence and evidential context, due to its complexity, transferability and considerable spatial and temporal variations operating on different scales (Dawson & Mayes, 2015).

2.1.4 Relief and Drainage

The study area is part of the extension plains of northern Nigeria. The general relief of the area is fairly plain, with isolated rock outcrops of inselbergs found in the area, thus creating undulations. The inselbergs are granitic in origin, formed from underlaid basement complex rocks. Depressions are found along the water courses where streams occur. The Niger River Basin Drainage System is the major drainage system of the study area (Clement, 2013; Dangana, 2021). From the description of the relief and drainage of the study area, it can be deduced that these environmental features of the study area served as a deterrence to kidnapping, as it does not provide a positive escape route, or hideouts.

3.1.5 Population and Socio-economic Activities

Statistically speaking, it is difficult to point out the exact figure of the population of residents along the Abuja – Kaduna Road, due to lack of official records. Nevertheless, since the study major focal point of the study is Abuja and Kaduna, it is worth noting that Abuja according to the National Population Commission of Nigeria (NPC), and the National Bureau of Statistics (NBS), the 2022 population projection of the area is about 3,067,500 persons, with an annual population change/growth rate of 5.0%. On the other hand, Kaduna according to the National Population Commission of Nigeria (NPC), National Bureau of Statistics (NBS), the 2022 population projection of the area is about 9,032,200, with an annual population change/growth rate of 2.5%.

The economy of the settlements along Abuja – Kaduna express way is agrarian based, with agriculture as their major economic activity, which serves as the bedrock of other activities. These activities include food and cash crop production, livestock rearing, poultry trading and crafts making. The major system of farming practiced is the subsistence farming by peasant farmers, with few people investing in commercial farming which produces large quantity of agricultural products. A little dry season farming is practiced in the area by people living close to the rivers. Tomatoes, pepper, vegetables, onions, okra and sugar-cane are grown in the

Fadama areas. These additional products attract traders from surrounding urban centres and towns, thereby constituting a major source of income. Animal rearing is also an important occupation which is carried out in a form of subsistence mixed farming, apart from the Fulani in the area who depend largely on cattle rearing. These animals supply organic manure to farm lands, provide income and also are used for consumption. Animals such as cattle, goats, pigs, sheep and poultry are the predominant animals reared in the area. Trading activities also form another vital occupation that combines both agricultural and non-agricultural commodities made from crafts (Adewuyi *et al.*, 2019; Dangana, 2021). The population and socio-economic activities in the study area indicates that the study area is vastly populated and an economically vibrant environment with the market for demand and supply of good and services, thus attracting locals from different parts of the country as well as foreigner. This thus renders the area an attracting prospect for kidnappers to carry out their act of terror on the live and properties of both residents, visitors and passers-by.

3.2 Methodology

3.2.1 Study Design

The study adopted the cross-sectional descriptive survey design. The rationale for the adoption of this study design is premised on the fact that the cross-sectional study design is best suited for studies that are aimed at finding out the prevalence of a phenomenon, situation, problem, attitude or issue, by taking a cross-section of the population; moreover, the study is a quantitative study, as such, the cross-sectional design is best suitable (Kumar, 2011).

3.2.2 Target Population for the Study

The target population of the study consists of residents along the Kaduna – Abuja Road, villagers/rural dwellers, traditional rulers, religious groups, farmers, as well as commuters and transporters along the study area. Using a summation of the population of Abuja and Kaduna as a base population figure, the target population of this group consisted of 12,105,700 persons. Another group that also formed part of the target population for the study are personnel of the NPF and other security agencies such as the Nigerian Army and vigilante groups that monitor the road.

3.2.3 Sources and Types of Data Required

Data used for this research work were both qualitative and quantitative data that were sourced from both secondary and primary sources. The secondary data used in the study were predominately qualitative data. These data consisted of literature text and empirical literatures by various authors both locally and internationally, sourced from relevant academic journals,

articles, publish and unpublish academic thesis and dissertations, term and conference papers, textbooks, and the internet materials. Quantitative secondary data used in the study consisted of information and report on the number of kidnapped victims in the study area. These data were sourced from the NPF.

Primary data used in the study consisted of both quantitative and qualitative data. These data were sourced from responses from administered survey questionnaires administered to the sampled participants in the study, coordinates obtained from field survey using Global Positioning System (GPS) for mapping the kidnapping hotspots in the study area, as well as keynotes and information from focus group discussions.

3.2.4 Sample Size Determination

In determining the sample size of a population, different methods abound, depending on the type of research or data involved. On this note, in determining the sample size of residents along the Kaduna – Abuja Road, villagers/rural dwellers, traditional rulers, religious groups, farmers, vigilante groups as well as commuters and transporters along the study area using the base population figure of 12,105,700, the Cochran (1963) equation to yield a representative sample for proportions of large sample was used. Using the equation, the sample size of the study (residents of the study area) was determined as follows:

$$n = N \times \frac{\frac{Z^2 \times p \times 1(1-p)}{e^2}}{\left[N - 1 + \frac{Z^2 \times p \times (1-p)}{e^2} \right]}$$

Where:

N = Population size (12,105,700),

Z = Critical value of the normal distribution at the required confidence level (95% = 1.96)

p = Sample proportion

e = Margin of error (5% = 0.05).

Using the above expression, the sample size of residents of the study was arrived at 385 participants. In determining the sample size of officers of the NPF, the purposive sample technique was used. To this end, a sample size of 100 officers of the NPF was arrived at. Summing up the two sections of the population sample, the sample size of the study consisted of 485 respondents.

3.2.5 Sampling Technique

The study adopted both the probability and non-probability sampling techniques. The probability sampling technique was used in sampling the participants such as residents along

the Kaduna – Abuja Road, villagers/rural dwellers, traditional rulers, religious groups, farmers, vigilante groups as well as commuters and transporters along the study area. More so, the probability sampling technique that was used was the simple random sampling (SRS) technique. The rationale here was because, the probability sampling technique, viz. the simple random sampling has every item of the population given an equal and independent chance of inclusion in the sample. Hence, the choice of an element in the sample was not influenced by other considerations such as personal preference (Gay *et al.*, 2009; Kumar, 2011).

The non-probability sampling technique was used in sampling officers of the NPF who participated in the study. Explicitly, the method of the non-probability sampling technique that was adopted was the convenience sampling method. The rationale was adopting the convenience sampling method was premise on the consideration that it eliminates the rigidity associated with most sampling procedures, hence, only available members of this sampled group were involved. To forestall the possibility of sampling a given respondent more than once, an inclusive/exclusive criterion for eligibility to participate in the study was set. The inclusive/exclusive criterion was that respondents were carefully screened to determine those who had previously been encountered in a given location around the area. In situations where such respondents were encountered, they were deliberately screened out from participating, regardless of whether or not they had previously been sampled. The aim of this criterion was to guarantee the validity and reliability of the collected data.

3.2.6 Methods of Collection

In preparation for the study, a reconnaissance survey was carried out for the purpose of acquaintance with the study area between April 26 and 30, 2022. The essence was to obtain vital information on the kidnapping activities in the area, to ascertain areas that would be assessable with less security risk and to enquire and examine the distribution of the divisional police stations and security checkpoints within the study area. Data with respect the research questions and objectives of the study were obtained through a field survey carried out by the researcher, who was accompanied by two research assistants. The instruments used in collection of these data includes the distribution of survey questionnaires, focus group discussion (FGD)/interview schedule and GPS receiver (Handheld GPS, Garmin 84). The research questionnaires used was a self-developed one, which contained both open ended and closed ended item, addressing the aim and objectives of the study. These questionnaires were distributed to all respondents of the study other than officers of the NPF.

The survey questionnaires were directly and physically administered to the sample participants in the study area. Before administrating the research instrument to the participants of the study, the researcher introduced himself to the respondents, explained the aim and objectives of the study, and solicited their voluntary participation in the study. After the introduction, the researcher administered the instrument to interested respondents, with instructions and a guide on how to address the items on the instrument. After administering the research instrument to the sampled participant of the study, the researcher waited for the participants to finish answering the questionnaires, collected them back, and thank the participants for their participation.

Beside the use of use of survey questionnaires in collecting data from respondents, a focus group discussion (FGD)/interview schedule was also used to obtain qualitative data from both some residents of the study area as well as officers of the NPF. Questions in the FGD were open-ended, with the aim of stimulating an informal discussion and investigate respondents, especially officers of the NPF, in order to gain a more detailed personal views form them that could not be possible through the distributed closed-ended survey questionnaires. More so, a GPS receiver was used to triangulate and document the global positioning (coordinates) of area prone to kidnapping in the study area, otherwise known as hotspots. The Abuja–Kaduna highway was digitized as a **polyline feature**. Villages, forests, and terrain features were digitized as **polygon layers**. Kidnapping incidents were mapped as **point layers**, each tagged with attributes (date, time, victim type, ransom paid).

Kernel Density Estimation (KDE): Used to identify clusters of incidents and visualize intensity of kidnappings.

- Hotspot Analysis: Applied to statistically confirm areas with significantly higher kidnapping activity.
- Overlay Analysis: Combined socio-economic data (poverty, unemployment) with spatial maps to explore correlations.

In analysing the quantitative data used in the study, the researcher employed the use of tools such as Microsoft Excel (version 2021) and ArcGIS environment to organize the data collected from the participants of the study via the survey questionnaires into manageable information that was understood. The data was then coded to facilitate data entry into the computer to allow for statistical analysis using IBM SPSS Statistics (version 26). The analytical method used in analysing the data from the survey questionnaires distributed was the univariate method. The

univariate method of analysis used was descriptive statistics such as; frequency distribution and simple percentage, with the result presented in table and visualised using charts.

In assessing the causes of kidnapping in the study area, response data from the residents of the study area were collected. These responses were based on a 4-point Likert scale rating of Strongly Agree (SA), Agree (A), Disagree (D) and Strongly Disagree (SD). The frequency, percentage, mean and standard deviation of responses of the participants with respect to the likely influencing factors influencing kidnapping in the study area were computed and analysed quantitatively using Microsoft excel and IBM SPSS Statistics. Furthermore, a mean cut-off point (mean scale) of 2.5 was used determine whether respondent agreed with a motivating factor (cause of kidnapping in the study area. Thus, a mean score of 2.5 and above indicate a positive response to the cause/factor responsible for kidnapping in the area and was accepted while a mean score below 2.5 indicate a negative to the cause/factor responsible for kidnapping in the area and was rejected. This is shown below:

Strongly Agree (SA) = 4

Agree (A) = 3

Disagree (D) = 2

Strongly Disagree (SD) = 1

$$4 + 3 + 2 + 1 = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ (Decision Mean).}$$

In identifying and mapping out flashpoints prone to kidnapping in the study area, the handheld GPS (Garmin 84) was used to acquire the coordinates of the divisional police stations in the study area. A geo-data base for the divisional police stations was created. It contains the following information: Name of the divisional police station and location of the divisional police stations (coordinates). This was entered in Microsoft excel, converted to text file and subsequently imported into the ArcGIS environment and point overlay analysis (mapping) was carried out on the base map of the study area to show the spatial distribution of security posts within the area of study and for further analysis. More so, data of reported kidnapping hotspots obtained on the field with the aid of the Intelligence Response Team (IRT) of the NPF was used to create a geo-database which contained the following attribute: Name of kidnap scene, Location (Coordinates) of kidnap locations and their respective remarks. These data were entered in Microsoft excel, converted to text file and imported into ArcGIS environment. The database was then used for hotspot analysis and queries. More so, the coordinates of the various crime locations were imported into the ArcGIS environment, and point overlay analysis (mapping) was be carried out on a base map of the study area and subsequently a map of the

kidnap locations was produced. The data of the kidnap hotspots and their respective crime scene locations was also used to produce the crime hotspot map of the study area in the form of a heat map, using the Kernel Density Estimation (KDE) method via the ArcGIS software.

The third objective the study pursued by the study was to evaluate the perception of residents along area on the performance of the police in combating kidnapping. To this end, the perception of respondents as well as their various degrees/level of satisfaction were both quantitatively and qualitatively, using frequency distribution, simple percentage, mean score and standard deviation. Qualitative data collected from the FGD with respondents were analysed using content analysis, while significant notes were presented in form of quotes. In like manner data collected with respect to the fourth and fifth objectives pursued by the study were qualitative data via FGD. Hence, the information obtained were officers of the NPF were also analysed using content analysis.

The fourth and fifth objective of the study were to examine the challenges faced by the Nigerian Police in combating kidnapping along the Kaduna – Abuja Road, as well as to examine the strategies of the Nigeria police force in combating the menace of kidnapping along the area. To this end, the qualitative data collected from the FGD interviews were analysed qualitatively and presented in quotes.

3.2.9 Ethical Considerations

All through the process of data collection, this study adhered strictly to the international ethical standard for research to protect the rights, dignity, and integrity of the participants of the study. As such, the consent of participants of the study were sought before they participated in the study. More so, the objectives of the study were clearly explained to them. Above all, the study was premised on these ethical principles:

Respect for Persons: this was done through the appropriate management of informed consent with participants involved.

Voluntariness: the decision to participate in the study was voluntary and no participant in the study was coerced into participation.

Non-maleficance: no participant experienced any form of physical harm)

Confidentiality and Anonymity: the identity of those who participated in the study shall remain protected.

Flash Points Prone to Kidnapping Along the Study Area

The second objective of the study was to identify the flashpoint along Kaduna – Abuja Road prone to kidnapping. The result presented in Table 4.6 reveals the identified flashpoints prone to kidnapping in the area as indicated from the FGD and interview held with respondents in the area.

Table 4.6: Geo-spatial coordinates of Flashpoints of Kidnapping Along the Abuja – Kaduna Road

S/N	Location	GPS Coordinates		Elevation	
		Latitude	Longitude	Metres	Feet
1	Gonin-gora	10°25'12"N	7°24'15"E	6118	2,004
2	Rijana	10° 2' 56"N	7° 22' 34"E	526	1,726
3	Jere	9° 32' 1"N	7° 21' 36" E	539	1,768
4	Maraban-Rido	10°27'24"N	7°30'43"E	646	2,119
5	Gangara	11° 20' 18"N	7° 23' 0"E	635	2,083

Source: Author's field survey, 2022.



Plate 4.1: Abuja – Kaduna express road

Source: Author's field survey, 2022.

From the results, these flashpoints include; Gonin gora, Rijana, Jere, Maraban Rido, and Gangara-village. From the FGD with the residents of the area, it was gathered that these areas are flash points and prone to kidnapping was because the Kaduna-Abuja Road is about 211km road, it is a gateway to the federal capital territory for most states in the northwest zone (Katsina, Sokoto, and Zamfara) and also a gateway for most states in other regions such as the southeast, south-south, north east and north-central (middle belt) to the northwest. As a result, these areas are often busy because of the level of transit that passes through them, comprising mostly of the high profile of business, private citizens and government officials. Hence, they become the location considered 'gold mines' for kidnappers.

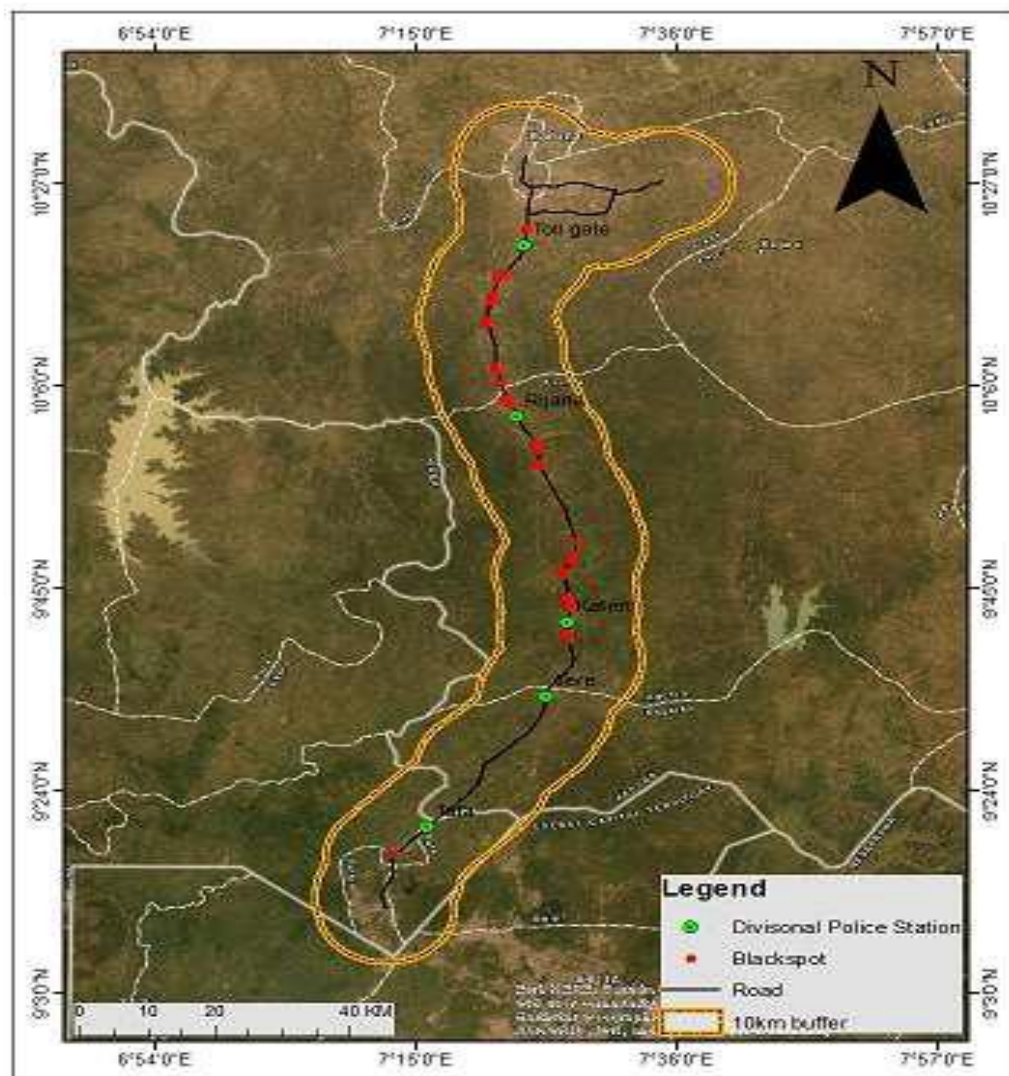


Figure 4.6: Image map of the kidnapping hotspots

Source: AGIS, 2022.

Another reason why these locations are prone to kidnapping was because of its geography and strategic locations. These areas are neither that close or far away from the metropolises of Kaduna, Niger or the FCT, inter-connecting different geopolitical zones of the country. More so these areas are characterised by large thick trees, dense grasses and hills, making them comfortable for kidnappers for escape and hideouts for kidnappers (Plate 4.1, Figure 4.6 and 4.7). More so there are no stationed military or paramilitary bases in these areas, but only check points, which cannot serve as a deterrence for kidnapers.

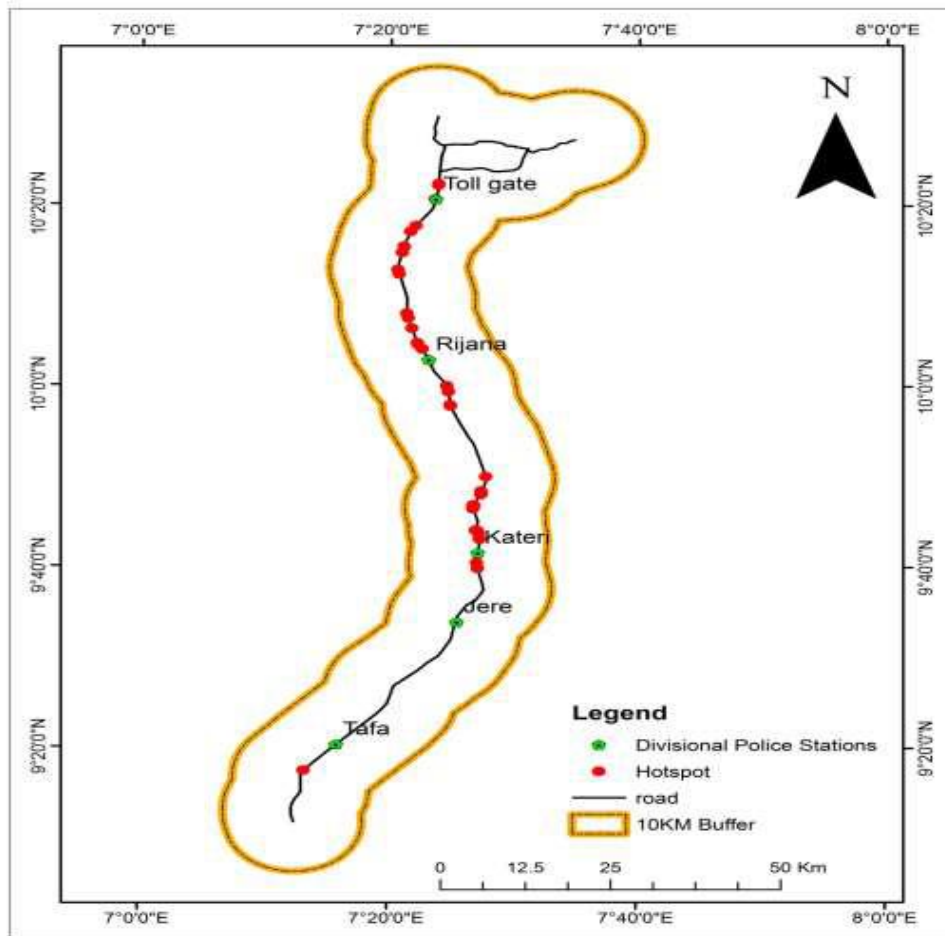


Figure 4.7: Image map of the kidnapping hotspots

Source: AGIS, 2022.

Findings on how kidnappers in the area operate, revealed that different model of kidnapping taking place in areas. From the FGD, the residents of the reported that;

Kidnapping along these areas has rumoured to be headed by Dominic Nwafor. The gang has taken their activity to the level of business by renting an expensive apartment to use as a hideout for their victims. Instead of taking them to the bush area, as usual, high-profile persons are kept in a mansion. One of these mansions used as a hideout was located at Mararan-Rido, a new settlement along the Kaduna-Abuja way. As a matter of fact, new settlements along the busy

highway are giving hideouts to criminals, who (kidnappers) prefer to be a quiet place to keep their hostage victims (Civil servant in Maraban-Rido, 03/08/2022).

According to a victim's (name withheld) report by during the in-depth interview revealed thus: "I went to buy goods from Kano and was on my way back in a Sharan sedan car which myself and other boarded. We encountered some men wearing army uniforms. After stopping our car, we thought they were military officers on duty to check passing vehicles, not knowing that they were kidnappers. After monitoring us at a glance, they asked our driver to turn off the car and step out. Before we could realize what was happening, they started shooting sporadically in the air and threaten to kill any one that tries to make any move they considered funny. We were dragged into a bus that was hidden and covered with grass camouflage, collected our phones, blindfolded us and drove us off at a faster pace, deep into the forest, to a place that up to date, I still wonder if it is located in Nigeria. My family complained to the Kaduna police command of my abduction, and funny enough, were told to pray and gather money to pay for my release. The kidnappers contacted my family and they ended up paying a ransom of ₦4.5m which were mostly borrowed, after negotiating with the kidnappers from an initial ransom fee of ₦12.7m, before I got released. It was a traumatising experience" (Male fashion and cosmetic trader in Gonin-gora, 15/8/2022).

Kidnappers organized themselves into different cell groups for easy operation, in a disguised approach for difficult tracing. Furthermore, the incidence is carried out in different modes of operations: either by blocking a highway using heavily armed weapons to abduct a large number of persons in a swoop or by blocking the road for selective abduction of high profiles. Another mode of operation is revealed by the commutates leaders in the area, from the FGD held revealed that kidnappers in these areas sometimes attack targeted victims in the comfort of their home, farms and places of religious worship. Normally, the victims will be held as captives for days before release after payment is made. Hence residents, commuters and frequent road users are moving in fear.

The data presented in Table 4.6 revealed the cases of kidnapping in the study area. Reports on of kidnapping activities along these flashpoints revealed that on April 14, a certain Dr. Abdul Malik Durun-guwa, was kidnapped by a gang and later his wife, settled the kidnappers ₦7m to gain his freedom. The victim was blindfolded for seven days while the negotiation is on with his brother vis GSM, and the money was paid in cash in the daytime before he was released (NTA news, 2017). In June 24, a serving member of parliament (MP) from one of the northern states (Katsina) was abducted along the Kaduna-Abuja highway, and ₦10m was reported to

have been paid before his released. A few days after, the same national daily also reported that four family members were kidnapped at a relaxation spot on the same highway before were later released (Vanguard newspaper, 2017). In a stop and search action, the police command in the Kaduna State arrested 31 kidnaper suspects (paraded in Plate 2) in their hideout at Rijana-village along the Kaduna-Abuja highway, 18 of the suspects had confessed to the crime. In January 9, the Inspector General of Police Intelligence Response Team (IGP-IRT) arrested suspected kidnappers who confirmed the abduction of former minister Ambassador Bagudu Mamman on the 20th of November, 2016, in his house in Kaduna and collected ransom before he was released (Channels Television, 2017). Accordingly, in the year 2017, gangs of kidnappers operated along Jere, camouflaged in security uniform to deceive and terrorize motorists, by mounting roadblocks who appear in military uniform. They conduct surprise attacks on suspecting motorists, and after grabbing victims, they keep relocating from one point to another in the forest, resulting in the death of a certain Yusuf Bello (TVC, 2017).



Plate 4.2: FIB-IRT Intercepts Kidnappers on Abuja-Kaduna Highway - Oriental News Nigeria

Source: <https://cdn.vanguardngr.com/>

Similarly, station on 20th of March, it was reported the abduction of three clergymen including the president of the united church of Christ Rev. Emanuel Dzigau, Rev. Yakubu Darma and

Rev. Leah Antoh along Kaduna-Abuja highway by gunmen, and only regained freedom after 10 days in captivity with one of the captives died (Silverbird, 2017). In like manner, it was reported that a German archaeologist, professor Peter and his associate Johan Boring were abducted on the 23rd February, at Gangala-village in Kagargo local government area of Kaduna. The professor was leading a four men team from Frankfort university Germany, studying the relics of the Nok culture in Nigeria when five gunmen ambushed them and were asked to lie down with sporadic gun shots in the air (TVC, 2017).

Table 4.7: Kidnapping Cases Along Kaduna-Abuja Road from 2010-2021

Date	Victim	Remark
2010	NIL	NIL
2011	NIL	NIL
2012	NIL	NIL
2013	NIL	NIL
2014	NIL	NIL
2015	NIL	NIL
2016	Col. Samaila Inusa	Unknown /Killed
2016	Mr & Mrs Pius Mallam	Unknown /Released
2016	Amb. Bagudu Hirse	Unknown /Released
2017	2 German Archaeologists	Unknown /Released
June 2017	Garba Umar-Durbunda	Ransom paid ₦10,000,000
October 2018	Maiwada Galadima	Ransom paid ₦10,000,000
2018	2 Americans and 2 Canadians	Unknown /Released
2018	3 wives of a business mogul	Unknown /Released
2019	ACP Musa Rabo	Ransom paid ₦50,000,000/ Released
April 2019	3 Police Officers	Ransom paid ₦1,400,000/ Released
May 2019	Benedict Audu and 2 others	Ransom paid ₦7,000,000/ Released
July 2019	Mohammad Mahmood Abubakar	Ransom paid ₦5,000,000/ Released
September 2019	Jide Opadijo	Ransom paid ₦4,000,000/ Released
September 2019	Shakiru Weti	Ransom paid ₦1,000,000/ Released
November 2019	Hamza Abubakar Mahuta	Ransom paid ₦500,000/ Released
November 2019	Adamu Chinoko	Ransom paid ₦2,000,000/ Released

November 2019	Abdullahi Kabiru and Sanusi Dabai	Ransom paid ₦2,100,000/ Released
December 2019	HRH Mohammed Ibrahim Pada	Ransom paid ₦6,500,000/ Released
January 2020	Micheal Nnadi	Ransom paid ₦10,000,000/ Released
January 2020	Bola Ataga	Ransom paid ₦8,000,000/ Released
2021	39 students from federal college of forestry mechanisation	5 th April, 2021- 5 students released 8 th April, 2021- 5 students released 5 th May, 2021- 29 students released

Source: Nigeria Police Force (NPF), 2022.

4.3 Perception of the Performance of the NPF in Combating Kidnapping Along the Abuja – Kaduna Road

The third objective that the study pursued, was to assess the perception of residents along the Kaduna – Abuja Road on the performance of the NPF in combating kidnapping along the area. The results presented in Table 4.8 revealed the perception of the residents in the study area. From the results, it can be observed that 39.2% of the respondents were of the perception that the NPF always applies the best practice of procedural fairness when dealing with reported cases of Kidnapping in the area, while 60.8% were of a contrary perception, thus disagreeing with such notion. The mean score ($\bar{x} = 2.3$) of the responses of the respondents, with a corresponding standard deviation of St.D. = 2.07, failed to meet the established mean cut-off point of 2.50+. Hence, it was concluded that the NPF has consistently failed in applying the best practice of procedural fairness when dealing with reported cases of Kidnapping in the study area. The results further revealed that 60.5% of the participants were of the perception that the NPF has so far been fair in decisions making during investigation, gathering of information/intelligence and the recuse of kidnapped victims, as against 39.5% of the respondents who disagreed. From the results, the mean score of responses of $\bar{x} = 2.7$, with a corresponding standard deviation of St.D. = 2.38 is in tandem with the established mean cut-off point, hence, it was concluded that residents in the study area were of the perception that in its efforts in combating the menace of kidnapping in the study area, the NPF has thus far been fair in decisions making during investigation, gathering of information/intelligence and recuse of kidnapped victims.

The results also further revealed that 63.8% of participants were of the perception that the attitude of officers of the NPF have been discriminatory to families and relatives of victims of kidnapping, when cases of abduction are reported and investigated, as against 36.2% of the

respondents who disagreed. Given the mean score of responses of participants ($\bar{x} = 2.8$), with a corresponding standard deviation of St.D. = 2.51, it was concluded that residents in the study area were of the perception that the attitude of officers of the NPF has been discriminatory towards the families and relatives of victims of kidnapping, when cases of abduction are reported and investigated. From the interview and FGD held, a rescued victim of kidnapping in the study area (name withheld) revealed that:

“When I was abducted from my business tripe to Kano, my family was treated like trash by officers of the NPF when they went to complain. There was no sense of humanity or professionalism in the police. What they were busy asking my wife and friend who went to report my kidnapping incident were; *what do I do? What kind of business do I do? Do I have a car? What is my tribe, religion? What is my average income?* After answering these questions, they were asked to take a sit and wait! I remembered clearly as my wife told me, that they were kept waiting for almost 2 hours, while other complainers who came in and appeared rich with security escorts were taken straight to the DPO’s office and attended to swiftly. Can you just imagine the level of discrimination! If my family wasn’t able to pay for my released, perhaps my name would be history by now. If the NPF can behave like politicians and business men, what hope does the ordinary Nigerian with no money have if their family and loved ones are kidnapped”? (Male fashion and cosmetic trader in Gonin-gora, 15/8/2022).

It was further observed (Table 4.8) that 64.4% of the respondents were of the perception that the NPF usually does not reacts promptly and effectively to reported emergency cases of kidnapping in the study area and cannot be trusted to tackle the situation, while 35.6% were of the perception that the NPF reacts promptly and effectively to reported emergency cases of kidnapping in the study area and can be trusted to tackle the situation. On the premise of the mean score of responses of participants ($\bar{x} = 2.2$), with a corresponding standard deviation of St.D. = 1.89, it was concluded that residents in the study area were of the perception that the NPF usually does not reacts promptly and effectively to reported emergency cases of kidnapping in the study area and cannot be trusted to tackle the situation. From the FGD, the residents of the reported that;

“For this area, Police no be people wey you fit trust, never! Na so one dey wey I go buy materials to do work dey come back, we see people wey them kidnap put of bus the run with them. Dey people dey shout for help as wey kidnapers dey shot gun anyhow. Na so all of us run for our lives because of the gun shots. We come organise go police station to tell the police weytin we see. Omoh! the police no even send us. All them tell us be say them don hear, them no get fuel

for motor, but them go do investigation! The behaviour was like nothing concern them. In fact, my brother, no trust police to help you if the kidnap you or any of your person” (Male carpenter in Gonin-gora, 15/8/2022).

Another respondents noted that

“Truth be told, when it comes reacting promptly and effectively to reported emergency cases of kidnapping in this area, the NPF is not the most reliable. There’ve been instances when farmers have been kidnaped in their farms in this our community and when we run to the police, the body language is not impressive at all. They bring up all sorts of bureaucratic procedure to stall time, and when they finally attend to you properly, maybe 2 or 3 hours may have gone by, and the kidnapers by then have already carried out their atrocities and long gone. It’s that bad that some our people have lost trust in the police, so what they do is wait patiently for the kidnapers to contact them and then negotiate for the payment of ransom and release of the families and loved ones that have been abducted. It is not the best, but that is the reality we are in at the moment. It’s painful because you expect the police to help you that a moment’s notice of such barbaric attack, but what expect from a low-ranking police officer that earns less than ₺100,000? What do you expect from a police force that has one of the world poorest equipment and facilities to combat crime?” (Community leader (Male) in Maraban-Rido, 03/08/2022).

Table 4.8: Perception on the performance of the police in combating kidnapping

Perception(s)	Frequency Distribution and Percentages of Responses, Response Scores and Decision								
	SA	A	D	SD	Aggregate		Mean ($\bar{x}$)	Standard	Decision
					Agree	Disagree			
							Score of Responses	Deviation (St.D)	
The NPF always applies the best practice of procedural fairness when dealing with reported cases of Kidnapping	72 21.7	58 17.5	107 32.2	95 28.6	130 39.2	202 60.8	2.3	2.07	Disagree
The NPF is fair in decisions making during investigation, gathering of information/intelligence and recuse of kidnapped victims	90 27.1	111 33.4	71 21.4	60 18.1	201 60.5	131 39.5	2.7	2.38	Agree
The attitude of officers of the NPF have been discriminatory to families and relatives of victims of kidnapping, when cases of abduction are reported and investigated	114 34.3	98 29.5	68 20.5	52 15.7	212 63.8	120 36.2	2.8	2.51	Agree
The NPF reacts promptly and effectively to reported emergency cases of kidnapping in the study area and can be trusted to tackle the situation	47 14.2	71 21.4	99 29.8	115 34.6	118 35.6	214 64.4	2.2	1.89	Disagree

The investigative, detective ability and procedure of the NPF has been efficient in curbing the menace of kidnapping in the study area	53 16	60 18	108 33	111 33	113 34	219 66	2.2	1.91	Disagre e
The NPF has generally been effective in combating the challenge of kidnapping in the study area	61 18.4	70 21.1	116 34.9	85 25.6	131 39.5	201 60.5	2.3	2.04	Disagre e
Distribution: N = 332; Percentage 100%							Cluster $\bar{x} = 2.4$	Cluster St.D. = 2.17	

Mean cut-off point (Scale mean) = 2.50+

Key: SA = Strongly Agree; A = Agree; D = Disagree; SD = Strongly Disagree; $\bar{x}$ = Mean; St.D.
= Standard deviation

Source: Author's field survey, 2022.

Perception of residents of the study area on the performance of the police in combating kidnapping in the study area in terms of the efficiency of its investigative, detective ability and procedure of the NPF was assessed. From the results presented in Table 4.8, it can be observed that 34% of the respondent were of the perception that investigative, detective ability and procedure of the NPF has been efficient in curbing the menace of kidnapping in the study area, while 66% disagreed. Given the decision criterion of the response score of the respondents and the results obtained ($\bar{x} = 2.2$; St.D. = 1.911), it was concluded the majority of residents of the study area were of the perception that investigative, detective ability and procedure of the NPF has been very poor in curbing the menace of kidnapping in the area. In like manner, the results also indicates that majority of the residents of the study area (60.5% as against 39.5%) were of the position that the NPF has generally been ineffective in combating the challenge of kidnapping in the study area. The above findings on the perception of the perception of residents along the Kaduna – Abuja Road on the performance of the NPF in combating kidnapping along the area agrees with the works of Onyeozili (2005), Odekunle (2014) and Obarisiagbon and Omagie (2018), who have argued that public perception of the police is very low due to their abysmal performance at curbing crime, kidnapping inclusive.

4.3.1 Level of Satisfaction with the Performance of the Police Towards Curbing Kidnapping Along the Abuja – Kaduna Road

Respondents were asked their level of satisfaction with the performance of the police towards curbing kidnapping along the Kaduna – Abuja Road. The results presented in Figure 4.8 revealed that 22.9% of the respondents were highly satisfied with the performance of the police towards curbing kidnapping along the Kaduna – Abuja Road, while 17.5% were moderately satisfied. The results further revealed that 29.2% of the respondents revealed a low level of satisfaction with the performance of the police towards curbing kidnapping along the area, while 30.4% were not satisfied at all. From these responses, it can be deduced that majority of residents in the study area were not satisfied with the performance of the NPF towards curbing kidnapping along the Kaduna – Abuja Road.

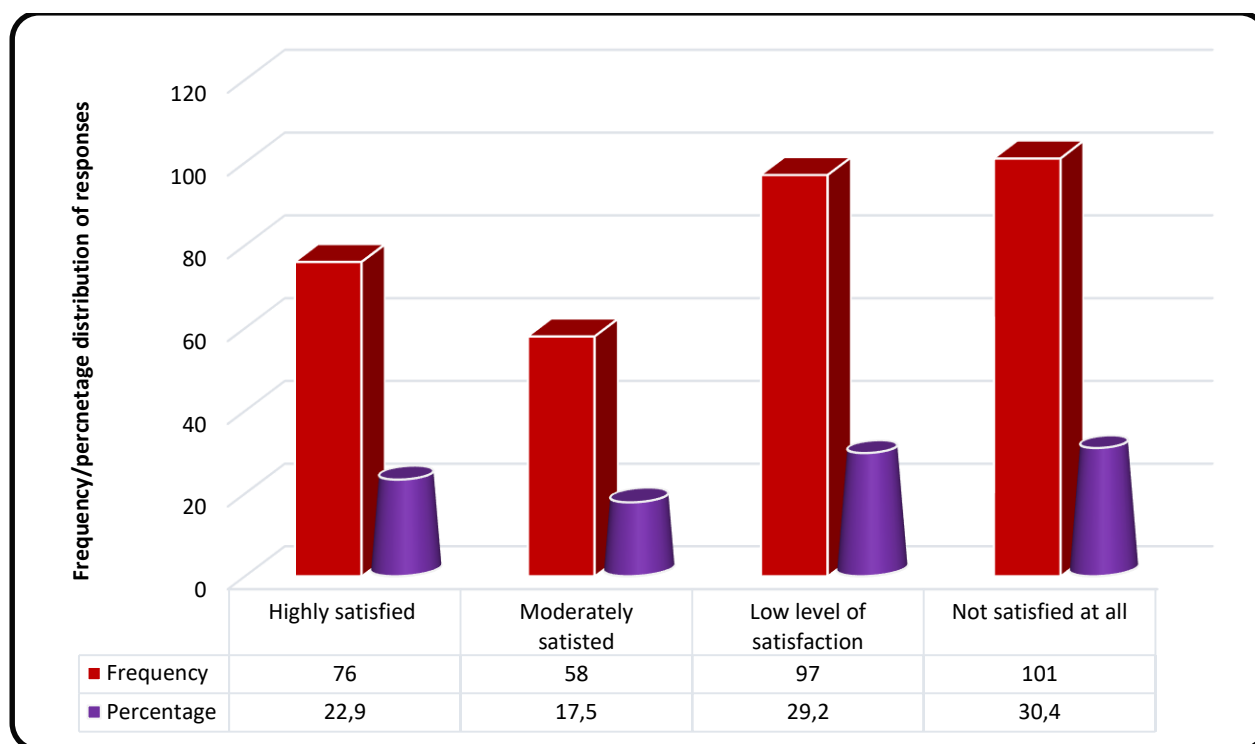


Figure 4.8: Level of satisfaction with the performance of the NPF in combating kidnapping

Source: Author's field survey, 2022.

From the interview/FGD held with the respondents to identify the reason for their satisfaction or non-satisfaction, the keynotes from the respondents were:

“It is difficult to be satisfied with the performance of the police in combating kidnapping in our community. Yes, we can all agree the police is constrained in its efforts and ability in securing the lives and properties of the citizens due to lack of adequate training, manpower, equipment and motivation, resulting from the failure of the government. Nevertheless, the will and commitment of the men and women of the force when it comes to matters of our security in this community, is very questionable. They show less commitment and have zero sense of accountability and responsibility to us. Once we go to the station to report any case of kidnapping, the attitude and treatment we received is humiliating at times. Sometime, they treat a lot of our people that go to report the kidnapping of their families' members and love ones as the prime suspects and talk down on them without even taking into consideration the current mental and emotional state of mind. Frankly speaking, I have never reported a case to the police that have gotten resolve expediently and professionally without paying bribe. The moment you take a case to the police, tor! Just know that you have brought a source of revenue for them” (Male teacher in Rijana, 23/09/2022).

Another respondent stated:

“From the experiences a lot of our people have had in dealing with the police, it is difficult to accept that they are capable of doing their job in securing the lives and properties of our people. How can we have the police who are supposed to protect us end all form of patrol once its 7pm? And then may by say – 10pm, kidnapers and bandits are terrorising us? When we call their number to report an attack, its either they don’t answer or the phone is switch off! Sometime they give us silly excuse of ‘we don’t have fuel in our vehicle or there was no light to charge our phone’. There was a day when myself and other imams and pastors came together as religious leaders to have a meeting with officers of the police to see how we can collaborate together to secure our communities. Do you know what the DPO told us? (Hmmm!) he told us that we should tell our people to be prayerful and try to save money for ransom because the government will not answer us because there are no VIP among us (...wallahi!). The way the police behave, their attitude, sometimes suggest that they are accomplice to some of the kidnapping we are facing here (...seriously!). We fear going to our farms, to the market, sending our children to school or even going to mosque to pray to the Almighty. So, tell me; how can one be satisfied with this kind of treatment from people that are supposed to protect us”? (Imam in Jere, 10/08/2022).

Another respondents reacted:

“While I understand that many of my people may not be happy with the efforts of the police, if you look at how underfunded these people are and the bad and poor condition they have to work under, (... baba) you go appreciate their efforts (... I swear). I know there are bad elements among them – in fact, I strongly believe that some of them are either partners with theses kidnapers or even do the kidnapping themselves, still, there are still honourable and honest one among them that are committed to their job and do the best of the little they can do, especially when it comes to this kidnaping issue. If the government can properly train, motivate and equip them, and the public gives them and chance and cooperate with them, (I swear) this kidnaping of a thing will end. Am happy with them so far, but I believe they can still do better is properly satisfied” (University student (male) in Jere, 10/08/2022).

4.4 Challenges Faced by the NPF in Combating Kidnapping in the Study Area

The fourth objective that this study set out to achieve, was to examine the challenges faced by the Nigerian Police in combating kidnapping along the Kaduna – Abuja Road and the results (responses of officers of the NPF) are presented in Table 4.9.

Table 4.9: Challenges Faced by the Police in Combating Kidnapping

S/N	Challenges	Frequency	Percentage
1	Inadequate funding of the Nigerian police force by the government	94	22
2	Corruption	69	16
3	Inadequate training, arms, ammunition and modern security gadgets	98	23
4	Uncooperative attitude of GSM operators	77	18
5	Poor public perception towards the Nigerian police	89	21

Source: Author's field survey, 2022.

From the results, it can be observed that one of the fundamental challenges confronting the Nigerian police in combating the menace of kidnapping along the Abuja – Kaduna road, is inadequate funding by the government, as reflect in areas such their poor salaries, lack of adequate insurance policies, poor working environment, dilapidated barracks and accommodation allowance, and general poor welfare packages for their families that can motivate them to perform their duties with the utmost sense of commitment, responsibility and accountability. This view was raised by 22% of officer of the NPF who Participated in the study. This finding collaborates with the study of Onaiyi (2020), Obarisiagbon and Omagie (2018) and Adegoke (2014), who from their studies reported that the salary of the average police is nothing compared with that of the politicians and their contemporaries in other parastatals. The welfare is quite inadequate and there is no motivation from the government or any other quarter. The policeman puts his life on the line when chasing kidnappers and other criminals, gets hurt and in some cases killed with no insurance scheme or provision for his wife, children and dependents. Such a situation leads to apathy, indifferences and unwillingness to put in one's best in the service to the nation. Over the years, there has been an underfunding of government agencies, it has however remained a recurring decimal in the annals of the Nigeria police force. The various barracks across the country need a facelift, the police colleges are in a sorry state, and equipment and materials are constantly unavailable or in short supply. From the FGD held with some of the officer of the NPF in the study area, the noted that; "Many Nigerians are quick to blame officers of the NPF in the mists of challenges. They call are quick label us all sorts of despicable name, but fail to understand that the NPF is the most underfunded agencies in the country. Do you know that an average officer has no home of having a house of his own? Do you know that if I die today my family will not be remembered?

If say a police officer of the rank of an inspector retires, do you know how much he collects as pension every month? ₺25,000! That's how much. So how can the police be effective? Ok just imagine, in this our division, we have only two police van which in some cases is they not serviceable, and when we complain to our '*ogas at the top*', they tell us that we should manage that there nothing coming from above. So, tell me, with all these issues, how can the police carry out its constitutional functions of prevention and detection of crime particularly this evil call kidnapping"? (Male police officer [Sargent] in Maraban-Rido, 05/08/2022).

Another challenge faced by the NPF in combating the menace of kidnaping in the study area, is corruption among its officers, noted by 16% of the respondents. These corruption among officers of the NPF ranges from the collection bribery, to feeding information to criminals organisations about operations and strategies of the NPF, compromising investigation so that criminal from whom they collect bribe from or are affiliated with avoid prosecution, to payment of bribe for promotion and dusty posting to juicy areas so as to avoid being posted to hotspots of crime, selling ammunitions to criminal gang and partaking and being sleeper agents of organised crime syndicates. From the interview/FGD held with some of officers of the NPF reported that;

When we talk of corruption in the police, you need to know that it did not start neither is it limited to the NPF alone. However, if am going to be honest between me and my God, our case might just be the worst (... whallahi!). It is very serious and among all ranks – both the junior officers and our *oga at the top*. They no longer care about the job. All everyone wants is how to secure their future, hence officers engage is all sorts of dirty atrocities that shouldn't be associated with officers of the law. Like in here, I know some of our boys who are involved in drug business with civilians and often find one way other the other to see that these boys are not arrested. There are even rumours among the local communities that some of our boys engage in armed robbery operation when the on a road block duty. From information going around, they usually carry out his atrocity when it is raining heavily so that there is no trace to them. And you cannot go after them because if you try it, you may lose your jo or even your life, because these boys are bringing 'returns' to our ogas. It is like a cartel that if you cannot beat them, you join them. So, tell me how can we fight kidnapping when some of our boys may even be the kidnappers? It is not one of the things that caused ENDSARD? All we can do is to hope and pray (Male police officer [Inspector] in Jere, 12/08/2022).

This challenge reported in the current study echoes the findings of Alemika (1999), who asserts that the issue of corruption in the police force is an undeniable fact with several pieces of

evidence of their involvement. In like manner, Obarisiagbon (2017) opined that the police connive with kidnapping offenders to help them out of police custody after collecting money from them and their relations and subsequently closing the case file or writing a report in favour of the offender. Indeed, the stigma of corruption in the Nigerian police force is damning and includes the taking of bribes from suspects as well as complainants before carrying out its statutory functions. Hence, this challenge, by every stretch of the imagination poses a serious bottleneck to the police in combating the increasing cases of kidnapping and insecurity generally in the country, needless to mention, along the Abuja – Kaduna Road. as another respondent noted in:

“I sometime feel ashamed of myself for being a police officer because I have children and when I hear demning verdict from my children on the corruption in the NPF, I nearly weep. The corruption in the NPF and very security agency in this country is rotten to the core and that is why we cannot fight kidnapping and other related crim in this country (..I sewar to God!) because most of like here where kidnaping is becoming a norm, each time we go for security patrol so as to (...you know), blow siren and show are presence to as to deter any potential plan to carry out any operation by kidnapers, our oga will tax us to bring return (.....can you imagine!) sometimes 20k, 30k and sometime even 50k a day! And we don’t have a choice but to harass and extort this poor community and innocent passers-by. Now that time we waste to meet up to the amount of return, before you know it, kidnapper will just enter and carry out their operation codedly without any problem. Is it not an embarrassment? But the public doesn’t know this a neither will they believe us. Instead, you all see us and paint us all as corrupt and evil” (Female police officer [Constable] in Gonin-gora, 17/8/2022).

The results also reveal the state of inadequate training, arms, ammunition and lack of modern security gadgets as one of the challenges confronting the Nigerian police force in combating kidnapping along the Abuja – Kaduna express road, as indicated by 23% of the participants (Table 4.9). From the FGD held with officers of the NPF in the study area, it was revealed that the training of policemen is a sine qua non to effective performance but regrettably, there is little or none presently and where any exist, it is very poor as the men are not thoroughly exposed to modern policing. Moreover, there is a paucity of equipment. The few available ones are obsolete, crying for replacement and yet have none in sight. Some of the respondents noted that:

“Is it well known that the NPF is ill-equipped and under-equipped. Even criminals and terrorist know this fact. For instance, what we usually have at our disposal here for carrying out security

routine patrol and stop and search security checks and other anti-kidnapping operations are the usual AK 47 assault rifles, teargas, batons, tactical jack knives, portable vehicle bomb dictators, our vehicle and radio walkie talkie. Yes, we do have bulletproof body armor and helmets as well, but you see this equipment are outdated and can not serve the needs on the current realities we are facing. Almost anybody can guess our firepower and capability, as such we automatically lose the element of surprise and deterrence. Worst off and where we are highly handicapped is at night. We lack proper lightening equipment! Hence, we usually have to improvise, construct and use the traditional handmade kerosine lantern (... you know that one we call 'a chi bal bal' in Hausa, right?) that's what we have to use, and we still have to buy the kerosine from our pockets!" (Male Police officer [Sargent] in Gangara, 13/09/2022). A major piece of equipment that has handicapped the police in its quest to curb kidnapping in Nigeria is its lack of surveillance devices/technologies such as street CCTV (Plate 4.3), unmanned surveillance aerial vehicle (Plate 4.4), combat unmanned aerial vehicle (Plate 4.5) surveillance airspace radar (Plate 4.6), state-of-the-art cutting-edge tracker system (4.7) and stealth tactical gears for officer of the NPF (Plate 4.8) and as such, they are not able to track down kidnappers. The respondents in the FGD/interview held noted that;

"We know the flash points that are prone to kidnapping in these areas, one would expect the government and security chiefs in their capacity will enact laws that will see to the automatic establishment of bases and squadrons in these areas, where Street/road CCTV Surveillance (Plate 4.3), will be mounted strategically so that it will be monitored in and establish ICT control room to give security agencies an upper hand on happening that they might have missed or happenings around close proximities. These are common initiatives that are practiced in advanced countries, that is why it is easier for them to solve and manage crime. These unending issues of kidnapping cannot stop if we don't start taking measures that are effective and efficient" (Male Police officer [Inspector] in Gangara, 13/09/2022).



Plate 4.3: Street/road CCTV Surveillance

Source: <https://tvcnews.gridpapacdn.com/> (2022)

Still on the lack of surveillance devices/technologies in use for combating kidnaping in the study area from the FGD, the respondents noted that;

“As big as Nigeria is, with all the wealth we possess, we don’t have a drone squadrons or square to pilot Unmanned aerial vehicle! Is it not shameful? I mean we are in a digital age. People blame officers of the NPF and think of us as unprofessional, when even the government has not even thought of investing and providing aerial power and superiority for security agencies to have an edge in combating insecurities in the country. If for say the government take time set-up drone square that reports to a central monitor and control room, we can have unmanned surveillance aerial vehicle (Plate 4.4) that can cover long distance and the terrain of the environment to monitor movements and gather credible intel that can be used to fish out the hideouts of this bandits and kidnappers and in the same time used combat unmanned aerial vehicle (Plate 4.5) to bombard and eliminate targets easily, without sacrificing the lives of innocent Nigerians. We need all these! And believe me if we have them, the issue of kidnapping, bandits and terrorist will be a thing of the past because they will have it at the back of their mind that we are watching them and there is no place for them to hide” (Male Police officer [Corporal] in Gangara, 13/09/2022).



Plate 4.4: Unmanned Surveillance Aerial Vehicle

Source: <https://media.meer.com> (2022)



Plate 4.5: Combat Unmanned Aerial Vehicle

Source: <https://i.guim.co.uk/> (2022).



Plate 4.6: Surveillance Airspace Radar

Source: <https://media.tehrantimes.com/> (2022)

Another equipment needed for operation in combating the menace of kidnaping in the study area but lacking, as pointed out by the respondents in the FGD, were surveillance airspace radar (Plate 4.6) and tracker system (Plate 4.7). The respondents noted that the lack of these equipment hinders the ability of officer of the NPF in intercepting communications among kidnappers and the movement of unregistered airplanes and unmanned aerial vehicles in the airspace of the study area, as well as the ability of the NPF to track and rescue victims whenever they were abducted. It was noted that the availability of these equipment will go a long way reducing the challenges faced by the NPF in combating kidnapping in the along the Abuja – Kaduna Road. More so, it was noted that officers of the NPF lack hostage negotiation and recuse training. Hence, the respondents revealed in the FGD that such training should be inculcated, and a special division setup so as to ensure casualties (deaths of hostages). This result supports the assertions of Adegoke (2014), who posited that inadequate materials for officers and men of the NPF is a notable factor that have created an abysmal performance for the police in carrying out their statutory functions of crime prevention and detection.



Plate 4.7: Ranger Tracker System

Source: <https://rangertrax.com/> (2022)

The result in Table 4.9 also revealed the uncooperative attitude of GSM operators, as another factor/challenge confronting the Nigerian police force in combating the menace of kidnapping along the Kaduna – Abuja Road, as indicated by 18% of officer of the NPF interview. The respondents noted that;

“Network operators are one of the biggest challenges for us in fighting kidnapping along this area, because everybody knows that one of the fastest ways of dealing with and solving this issue of kidnapping in the country is to trace kidnapers and their hideouts through phone calls, especially when they are negotiating ransom collection. If MTN, Glo and Airtel can monitor and provide the police with information, we can easily handle and stop these kidnapping before they even occur. Like I remembered when a case of kidnaping of some farmers took place along the express road of this community. It was a painful day for us because the victims were simple hardworking members of the community with no problem. They were on their way from the farm and came across a kidnaping operation taking place on the Gonin-gora express road and were also taken. When the kidnappers phoned their family members demanding ransom payment for their release, through the kidnappers hid their number when they called, we immediately reported the matter to the network provider of the line they called (... I think it was Airtel). We asked them to help us and trace the location of the line, but they blatantly refuse, telling us they have to uphold their policy of protection of the privacy of their customers,

and can only do otherwise on the directive of the IGP, under the approval NCC”! (Male police officer [Sargent] in Gonin-gora, 15/8/2022).

Another respondents noted:

“Everybody knows the areas sounding the Abuja – Kaduna Road is a like a kidnapping den. One will expect that all the networks in the country will work with the police to fight crime and secure lives, but never! These network people have bad manners. When you call to report and ask for help, they will place us on hold and be playing music on the background for 30 minutes to 1 hour before one operator will connect you. Sometime they can even keep you for 2 hours and nobody will come to attend to you. When we are finally able to speak with one of their agents, and report the situation on ground and ask for help, what they will sometimes tell us is to report the matter to their head office! You see they just help these criminals without even knowing it, because these kidnappers know that all these networks will not trace them, and because of that they even given out phone number for communication when negotiating ransom. All these one that they will say people should register their phone numbers and link it with NIN so that they can use it to help in monitoring and tackling crime is all lies. If not, how do these criminal ends up having lines that are registered and functioning for communication”? (Male police officer [Constable] in Gonin-gora, 15/8/2022).

Indeed, the above findings agrees with the findings of Obarisiagbon and Omagie (2018), who in their studies noted that the very uncooperative nature/attitude of the GSM operators who are duty-bound by customer privacy protection and hence unwilling to give call details of suspected kidnappers makes it difficult to tackle the issue of kidnapping in the country since most of these kidnappers use GSM phones to negotiate ransom with families or next of kin of their victims. This challenge thus greatly impacted the ability of the Nigerian police in curbing the menace of kidnapping along this road (Obarisiagbon & Omagie 2018).

Looking at the results in Table 4.9, it can be observed that another challenge confronting the Nigerian police force in combating the issue of kidnapping along the Abuja – Kaduna Road, is poor public perception towards the NPF as indicated by 21% response rate. This result correlates with the findings of Onyeozili (2005), who noted that the cankerworm of corruption has deeply affected the social image of the public as public opinion regarding the integrity of police officers is that of “dirty Harry”. The very low public attitude towards the Nigerian police force is also a consequence of a historical legacy of using the police to suppress Nigerians by the colonial and post-colonial governments (Alemika & Chukwuma, 2000). Regrettably, the public has therefore become unwilling to cooperate with the police in crime prevention and

detection. Interestingly, without the needed information and cooperation of the public, the police cannot do much in the maintenance of security.

In the interview carried out officers of the NPF to try and ascertain the situation in the study area, it was noted that;

“Many of the residents in communities in Maraban-Rido think poorly of us officers of the NPF. They perceive us an enemy to them and an ally to criminals that have been terrorizing them. It’s difficult to change their perception because some of them have broken the law before, and when you tried to follow the law to its latter in dealing with them, you tend to make an enemy of them. And in some cases, they have been abused and treated badly by some of our boys. In such a situation, it is difficult to create trust because they tend to hold a grudge. Sometimes they even see us a criminal (...seriously!). because of this bad blood with some members of the communities, it is difficult to gain meaningful information during investigation, because they don’t trust us and are always hesitant to talk with us” (Female police officer [Sergeant] in Jere, 12/08/2022).

Another officer pointed out that;

“Most of the people in this community don’t like us and don’t want anything to do with us. The most dangerous aspect of it is that they don’t even care to hid it or pretend. When we hear of a case of kidnapping in the area, our first point of call is to go into the community and try to gather as much information as possible on who the victims are, how the incident to place and who the families/relatives of the victims are. What we find shocking of late is that most of the community members avoid questioning, even the families of the victim will be nonchalant in the conversation with us, and sometimes will practically refuse to come to the station and give a written statement. Before you know what is happening, they’ve negotiated with the kidnappers and paid ransom for the release of the kidnapped victims. Even when we invite these freed victims for questioning so they can help our investigation in apprehending the perpetrators, some refuse to come and the few that come, the information they provide us are vague and practically not useful. In one of my friendly conversations with some of the young men and women of the communities as to why this was happening, I was told that they behave like this because there is a rumour that some of our boys are involved in the kidnapping business and crime in their community”! (Female police officer [Sergeant] in Gonin-gora, 15/8/2022).

The above finding agrees with Ugwulebo (2011), who noted that the police force has been criticized for aiding and abetting kidnappers, resulting in the public being unwilling to report

an incidence of the crime to the police. Rather, they prefer to pay the ransom to the kidnappers so that their relations or friends can regain their freedom.

The major challenges faced by the police in combating kidnapping along the Kaduna – Abuja Road, were revealed to include; inadequate funding of the Nigerian police force by the government, corruption, inadequate training, arms, ammunition and modern security gadgets, uncooperative attitude of GSM operators and poor public perception towards the Nigerian police. It was also revealed that the strategies employed by the NPF in combating the challenge of kidnapping in the study area include the adoption of general strategies such as of the detective, undercover, intelligence, surveillance and informant data base strategy, as well as specialised strategies which include the formation and utilisation of the IGP intelligence response team, the counter terrorism unit and the special protection unit. These strategies however, were rated fair in their effectiveness in combating the menace of kidnapping in the study area.

5.2 Conclusion

The study established that kidnapping along the Abuja – Kaduna road area associated with high level of poverty, unemployment, proliferation of arms and military uniforms, policy of a cashless economy, moral decadence in the society and the quest to get the rich quick syndrome, corruption and poor governance, inadequate equipment of law enforcement agencies, loss of the patriarchal authority by the Nigerian state and inequality and absence of fairness and justice in the study area and the country at large.

The major area otherwise referred to flashpoints prone to kidnapping along the Kaduna – Abuja Road are Gonin-gora, Rijana, Jere and Marab-Rido, Rijana-village and Gangala. These areas are prone to kidnapping because of the strategic location of connecting majorly the north-west and north-central (middle belt region) and the FCT, geographical terrain and level of business of the major express road that passes through them. Furthermore, residents in the study area have a negative perception of the NPF in combating kidnapping along the Abuja – Kaduna Road. This poor perception steam from the failure of the officer of the NPF in applying the best practice of procedural fairness when dealing with reported cases of kidnapping, failure in reacting promptly and effectively to reported emergency cases of kidnapping in the study area, inability to tackle emergency cases, inefficient investigative/detective ability and procedure of the NPF has been inefficient in curbing the incessant reoccurrences of kidnapping cases, insensitive and discriminatory attitude of officers towards families and relatives of victims of kidnapping, when cases of abduction are reported and investigated. On a general note,

residents in the study area were of the perception that the NPF has been ineffective in combating the challenge of kidnapping in the study area and were totally dissatisfied with the performance of the NPF.

The major challenges faced by the NPF in combating kidnapping along the Kaduna – Abuja Road, included inadequate funding of the Nigerian police force by the government, corruption, inadequate training, arms, ammunition and modern security gadgets, the uncooperative attitude of GSM operators and poor public perception towards the Nigerian police. The strategies employed by the NPF in combating the challenge of kidnapping in the study area are the general and specialised strategies, consisting of the detective, undercover, intelligence, surveillance and informant data base strategy, formation and utilisation of the IGP intelligence response team, the counter terrorism unit and the special protection unit. Nevertheless, these strategies have failed to live up to expectations in solving the challenge of kidnapping in the study area.

5.3 Recommendations

Based on the observations, findings and conclusions arrived at, the study proffered the following recommendations;

- 1) In adverting the causes of kidnapping in the study area and other parts of Nigeria the policy recommendation suggested are:
 - i) The government of Nigeria at all levels needs to create job employment opportunities for the steaming unemployed youths in country way of turning their idleness into productivity that have the capacity of contributing in the national growth of the country. This can be achieved by providing soft loans and grants, providing vocational and technical skill acquisition opportunities, partnering with the private sector to in employing the country and providing an enabling environment for investors and business the expansion and increase the demand for workers. By so doing, the challenges of unemployment and poverty that has influenced many Nigerians into the life of crime as a means of livelihood will be mitigated.
 - ii) There is the need for the government to re-evaluate it approach and policy of fighting corruption at every level of public and private section/agency of the economy in the country and come up with more stringent laws, improve access to criminal justice system that is truly impartial and independent, where offenders can face prosecution and punishment for corrupt practices in the country irrespective of their social status. This is because corruption is at the core of the proliferation of arms and military uniforms in the country, inadequate equipment of law enforcement agencies, poor governance, inequality and absence of fairness and justice, of which have been identified as motivating factors for kidnapping in the study area.
 - iii) Family, community, religious and traditional leaders and well as schools should endeavour to inculcate the lost moral virtues among the youths of the society, so as to arrest the moral decadence, loss of the patriarchal authority and the get rich quick syndrome that has gripped majority of the Nigerians youths, which has made them vulnerable to initiation into several social vices in the country, especially kidnapping.
 - iv) Abdulkabir O.S. (2017). Causes and Incisive Solutions to the Widespread of Kidnapping in Nigeria Current Administration: Under Scholastic Scrutiny. *Journal of Political Science* 5(2), 258-271.
 - v) Abdulkabir, O.S. (2017). Causes and incisive solutions to the widespread of kidnapping in Nigeria current administration: Under scholastic scrutiny. *Journal of Political Sciences and Public Affairs*, 5(2), 2332-0761.

- vi) Abraham, U.E. (2010). *The social problem of kidnapping and its implication on socio-economic development: A case study of Uyo metropolis* [Degree Thesis], University of Uyo, Nigeria.
- vii) Adege, M. (2009). Nigerian Worsening Epidemic of Kidnappings: Must Many More Have to Suffer. Accessed 06/09/2022 Retrieved from: <http://www.saharareporters.com/article/nigeriash-worsening-epidemickidnappings-must-many-more-have-suffer>
- viii) Adegoke, N. (2014). The Nigeria police and the challenges of security in Nigeria. *Review of Public Administration and Management*, 3(6), 21 - 35.
- ix) Adegoke, N. (2015). Kidnapping, security challenges and socio-economic implications to the Niger Delta region of Nigeria. *Asian Journal of Humanities and Social Sciences*, 16(2), 205-216.
- x) Adeniran, A., & Castradori, M. (2021). Students' kidnappings threaten collapse of Nigeria education system. *Brookings*, April 19th. Accessed 10/09/2022 from: <http://www.brookings.edu>
- xi) Adibe, J. (2009). Pervasive kidnapping in Nigeria: Symptom of a failing state? Accessed 5/6/2022 from: <http://www.hollerafrica.com>
- xii) Afolabi O.O. (2013). The rate of youth unemployment and its effects on national security. *Cultural and Religious Studies* 1: 8-20.
- xiii) Abugah, F. (2015). Dasukigate: Here is a breakdown of the alleged misappropriation of \$2.1 Bn by Dasuki and others. Accessed on Accessed 06/09/2022 Retrieved from: <http://venturesafrica.com/kigali-shortlisted-for-the-global-wellbeing-city-awardfor-healthcare>
- xiv) Agnew, R. (2000). Sources of criminality: strain and subcultural theories. In: Sheley, J.F. (Ed.), *Criminology: A contemporary handbook*. Wadsworth, Belmont, California.
- xv) Ahmadi, M. (2003). *Crime mapping and spatial analysis* [Master's Thesis] International Institute for GeoScience, The Netherlands. Retrieved from: <http://www.itc.nl/library/papers>.
- xvi) Ahmed, Y.A. (2012). The pattern and distribution of crime incidence in an urban environment: a case study of Osun State, Southwestern Nigeria. *International Journal of Humanities and Social Science*, 2(5), 178 – 188.
- xvii) Ajah, B.O., Nwokeoma, B.N., & Okpan, S.O. (2017). Socio-economic implication of kidnapping and hostage-taking in Southern Nigeria. *Journal of Law and Judicial system*, 1(1), 51-59.
- xviii) Akers, R.L., & Sellers, C.S. (2013). *Criminological Theories: Introduction, evaluation, and application* (6th Ed.). New York, NY: Oxford University Press.
- xix) Ako, T.A., Onoduku, U.S., Oke, S.A., Essien, B.I., Idris, F N., Umar, A.N., & Ahmed, A.A. (2014). Environmental effects of sand and gravel mining on land and soil in Luku, Minna, Niger State, North Central Nigeria. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 2(2), 42-49.
- xx) Akpan, N. S. (2010). Kidnapping in Nigeria's Niger Delta: An exploratory study. *Journal of Social Sciences*, 24(1), 33-42
- xxi) Alabi, A. (2021). Gunmen kill Ex Zamfara guber aspirant, kidnap many travellers on Kaduna – Abuja highway. The Guardian 22 November. Accessed 20/07/2022 from: <https://guardian.ng/news/gunmen-kill>
- xxii) Albert, I. O., Danjibo, N., & Albert, O. (2020). Back to the past: Evolution of kidnapping and hostage taking in the Niger delta, Nigeria. *BLR*, 11(1): 211-26.
- xxiii) Ale, H. & Kate, B. (2003). *Mapping and analysing crime data: Lessons from research and practice* (2nd Ed.). Taylor and Francis, London.
- xxiv) Alemika, E., & Chukwuma, I. (2001). *Juvenile justice in Nigeria: Philosophy and Practice*. Lagos: Centre for Law Enforcement Education.
- xxv) Ali, G. (2014). Kidnapped traders regain freedom. *Citizen's advocate*, pp. 1–18, February 16.
- xxvi) Aljazeera (2020). Hundreds of Nigerian schoolboys released, local governor says. Accessed 10/09/2022 from: <http://www.aljazeera.com>

- xxvii) Amadi, L.A, Igwe, G.H., & Uche, U. (2019). Understanding rural violence in North-Central Nigeria: Experience from nomadic herdsman and rural farmers' conflict. *Journals of International Politics*,1(1), 53-74.
- xxviii) Aminu, M.A. (2016). *Community policing: exploring the police/community relationship for crime control in Nigeria* [Doctoral thesis] University of Liverpool, England.
- xxix) Aminu, U., Manu, D., Elmaude, J. G., & Kabiru, M. Y. (2013). Relationship between crime level, unemployment, poverty, corruption and inflation in Nigeria (An empirical analysis): *Global Advanced Research Journal of Management and Business Studies* 2(8), 411-422.
- xxx) Ani, K. J & Nweke, E.N. (2014). Curbing Kidnapping in Nigeria: An Exploration of Strategic Peace Building Tools. *Africa's Public Service Delivery and Performance Review*, 2(1), 111 – 133.
- xxxi) Ani, K.J., & Nweke, E.N. (2014). Curbing kidnapping in Nigeria: An exploration of strategic peace building tools. *Africa's Public Service Delivery & Performance Review*, 2(1), 111- 133.
- xxxii) Archibong, J. E. (2023). Kidnapping for Ransom: Nigeria's Flourishing Industry, but Worst Nightmare. *The Journal of Social Sciences Research*, 9(2), 18-25.
- xxxiii) Ashaolu, O. (2020). Kidnapped kano businessman regains freedom after paying n15m ransom. *Newsbreak*, December 26th. Accessed 10/09/2022 from: <https://newsbreak.ng/kidnapped-kano>
- xxxiv) Asuquo, M.E. (2009). The upsurge of kidnapping and its influence on public order in Akwa Ibom State. *Unpublished Paper*, Department of Sociology/Anthropology, University of Uyo, Uyo, AkwaIbom State, Nigeria.
- xxxv) Ayuba B., Mugu, B. A., Tanko, H., & Bulus, S. J. (2016). Geo-spatial analysis of crime in Kaduna Metropolis, Nigeria. *Science World Journal*, 11(4), 7 – 15.
- xxxvi) Babangida, M. (2021). Zamfara emir kidnapped along Kaduna - Abuja road. *Premium Times* 15th September. Accessed 10/09/2022 from: <http://premiumtimes.com>
- xxxvii) Bala, A., Bawa, S., Lugga, M. S., & Ajayi, O. G. (2015). Geospatial information system for crime analysis and crime zone identification-case study of Katsina, Nigeria: *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 2(1), 65 – 15.
- xxxviii) Balogun, T. F., Okeke, H., & Chukwukere, C. I., (2014). Crime mapping in Nigeria Using GIS; *Journal of Geographic Information System*, 6(2), 453-466.
- xxxix) Barnes, B. (1995). *The elements of social theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- xl) BBC (2021). Nigeria Kidnap: Gunmen seize 140 schoolchildren in Kaduna. Accessed 10/09/2022 from: <http://www.bbc.com/news/world-africa>
- xli) Bedua, H. A. (1992). The case against the death penalty? Accessed 06/09/2022 Retrieved from: <http://www.pbs.org/moyers/journal/blog/capital-punishment>
- xlii) Bello, I., & Jamilu, I.M. (2017). An analysis of the causes and consequences of kidnapping in Nigeria. *African Research Review: An International Multi-Disciplinary Journal, Bahir Dar, Ethiopia Afrrev*, 11(4), 134-143.
- xliii) Blackburn, R. (1993). *The psychology of criminal conduct: Theory; research and practice*. England: John Wiley and Sons.

THE EFFECT OF HONEY AND GINGER ON STAPHYLOCOCCUS AUREUS AND BACILLUS SPP

Vandefan John Adekwagh¹, Vandefan James² and Ode Onyeche Ann³

¹The Department of Microbiology, Veritas University, Abuja

²Nigerian Police Force, Force Headquarter, Abuja

³Department of Geography and Environmental management, Faculty of Geography and Atmospheric Sciences, Abuja University, Nigeria

ABSTRACT

The research evaluates the effects of Honey and Ginger on two common throat bacteria, including *Staphylococcus aureus* and *Bacillus* spp. For bactericidal assays, honey and ginger solutions were made in the lab after the target bacteria were isolated through culturing and identification methodologies. An assessment was performed for the effectiveness of honey and ginger on specific bacterial strains through broth microdilution and disc diffusion techniques. With varying degrees of efficacy, the results indicated that honey and ginger had clear bactericidal action against *Staphylococcus aureus* and *Bacillus* spp. The study aims to assess the possible bactericidal effects of two natural compounds—honey and ginger—on two common throat-related bacterial species: *Staphylococcus aureus* and *Bacillus* spp. The bacteria used were obtained through culture and identification methods while bactericidal test preparations, honey, and ginger solutions were made. In broth microdilution and disc diffusion methods, the effectiveness of the selected bacterial species with honey and ginger was tested against a control (ciprofloxacin). Honey and ginger exhibited clear bactericidal qualities on both *Staphylococcus aureus* and *Bacillus* spp, although differing in effectiveness against bacterial infections in the throat. The findings showed that studying additional treatments outside normal medicine is possible. Furthermore, results have shown that honey and ginger have healing properties essential to suppress bacteria causing resistant throat infections.

KEYWORDS: *Staphylococcus aureus* , *Bacillus* sp, Bactericidal, Assay, solutions

URBAN MIDRISE RESIDENTIAL LIVING IN PAKISTAN: A CRITICAL REVIEW OF LIVABILITY, CULTURAL ADAPTATION, AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Ar. Jamhsiad Khan, Chief Architect Jamshaid Khan & Associates & Environmental Designer, Islamabad, Pakistan.

Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Associate Professor & CoD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore. omer.shujat@umt.edu.pk (Corresponding Resource person)

Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufuran, Department of Environmental Science, IIUI, Islamabad, Pakistan.

ABSTRACT:

With the shrinking land space in the cities, the standard solution to the housing scarcity has been mid-rise apartment complexes with four to twelve floors, for all of South Asia, but especially Pakistan. As Pakistan cities lack space, the universal solution is buildings of four to 12 floors, appearing as the answer to the housing crisis for developers and planners. Based on a review of secondary including academic studies, government policy papers, and journalistic published work, this article explores what mid-rise quality of life is in urban centers like Karachi, Lahore and Islamabad. The review has highlighted multiple issues which are multifold. First design issues included poor ventilation & lighting, deprived waste management systems, reduced building code enforcement and infrastructural issues have led to poor environmental and performance and user satisfaction in midrise housing. Secondly, the transition to apartment living is changing a household culture that has traditionally been defined by extended family, multi-generational households, particularly a reduction in personal space, especially for the adolescent, and a general shift toward nuclear households, with both an increase in the distance created from traditional family obligations and a decrease in the informal networks of support that shared households provided. Third, the environmental legacy of vertical development in Pakistan has been mixed: on one hand, it has helped to reduce urban sprawl, and on the other, it has been accompanied by the intensification of urban heat island, the persistent lack of green space when compared to the WHO benchmarks and continued dependence on carbon-intensive construction materials and energy sources. Finally, the review concluded that architecture alone will not make the housing of the middle class more livable in Pakistan; it must be accompanied by coordinated efforts on enforcement capacity, climate-responsiveness, and the social realities of the households who will be living in the buildings.

KEYWORDS: midrise buildings, quality of life, urbanization, Pakistan, joint family system, urban heat island, housing policy, livability

**RETHINKING ARCHITECTURAL DESIGN AND HOSPITAL
TRANSFORMATION THROUGH NEED BASED ASSESSMENT IN LIEU OF
COVID19 PANDEMIC : A CASE FOR MISSING EPIDEMIC CONSIDERATIONS IN
HEALTHCARE DESIGN OPTIMIZATION**

- 1) **Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti**, Associate Professor & COD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore.
- 2) **Prof. Dr. M. Asad Ghufra**n, Professor, Dept. of Environmental Science, International Islamic University, Islamabad.
- 3) **Prof. Dr. Atta Ullah Shah**, Tenured VC & Professor, Karakoram International University, GB.

ABSTRACT

Background. Epidemics have always been a great burden on the healthcare system and caused severe losses to people and assets in developing countries like Pakistan. Since Pakistan has been facing epidemics ever since its birth, it was assumed that the existing healthcare system and design would be able to cope with the existing epidemic and COVID 19 pandemic situation. Yet it failed and the situation worsened with almost 24,000 above deaths and above 100,000 confirmed cases in pandemic in recent past. **Objective.** The present study was conducted to (i) evaluate how the existing system failed to manage during the COVID19 pandemic (ii) what were the major causes of this failure with focus on healthcare facility design and how these could be addressed. **Method.** In order to achieve the above mentioned objectives, an online questionnaire based on the WHO guidelines for epidemic preparedness was developed and was shared to 250 targeted medical professionals working in COVID19 related facilities across the country during the 3rd & 4th COVID19 waves and 172 responded with a feedback ratio of 68%. **Findings.** Based on the data obtained, it was concluded that existing healthcare system ignored the aspects of epidemics in the design and planning of the healthcare facilities and hospitals. This led to failure in pandemic management strategies and protocols leading to worst case scenario. Transformation of these facilities faced many challenges. With 98% of the respondents considered to incorporate upgrades consideration for isolation and quarantine into the design of healthcare facilities and their future up gradation. **Recommendations.** Existing gap must also be explored with healthcare designers / architects in Pakistan to highlight the policy or design gap causing this disaster. Existing designated COVID 19 facilities must also be re-explored in the current situation.

KEYWORDS: Epidemics, Pakistan, Healthcare system, Architecture, Epidemic preparedness, design interventions.

DESIGNING LOCALLY ADAPTED HYDRAULIC LIME FOR SUSTAINABLE HERITAGE RESTORATION: FROM GEOLOGICAL RESOURCES TO HIGH-PERFORMANCE BINDERS

Oumayma Nassiri¹, Mounsif Ibnoussina², Khaoula Admou², Rhita Hachad², Abdelmalek Ammari³

¹Cadi Ayyad University, UCA, École Normale Supérieure de Marrakech, Interdisciplinary Research Laboratory in Bioresources, Environment, and Materials, BP 2400 Hay Hassani Route d'essaouira 40000, Marrakech, Morocco

²Cadi Ayyad University, Faculty of Sciences Semlalia, Laboratory of Water Sciences, Microbial Biotechnologies and Natural Resources Sustainability, B.P. 2390, 40000, Marrakech, Morocco

³National School of Architecture of Marrakech, Morocco

The conservation of historical buildings requires the development of repair materials that achieve a delicate balance between mechanical efficiency, durability, and compatibility with ancient construction systems. In this context, natural hydraulic lime (NHL) represents a promising low-impact binder due to its ability to interact harmoniously with traditional masonry while contributing to more sustainable construction practices. Nevertheless, the production of NHL with controlled properties remains strongly dependent on the geological origin and intrinsic characteristics of limestone resources. This contribution presents a geological–materials engineering approach for the valorization of local limestone resources into hydraulic binders adapted for heritage applications. Six limestone varieties from the Marrakech region were investigated as potential raw materials for NHL production. Their transformation into hydraulic lime was evaluated through an integrated characterization strategy combining mineralogical, chemical, and microstructural investigations using XRD, XRF, FTIR, and SEM analyses.

The results demonstrate that variations in limestone composition generate distinct hydraulic behaviors, highlighting the key role of mineralogical control in designing restoration materials with targeted properties. The developed limes showed promising compatibility with traditional Moroccan construction practices and provided valuable alternatives to industrial hydraulic lime. Particularly, the most suitable formulations exhibited characteristics consistent with the requirements of historical masonry conservation, supporting their application in the restoration of Marrakech's architectural heritage.

This study emphasizes the importance of connecting geological resource assessment with sustainable material design, proposing a pathway toward locally produced, environmentally responsible binders. The approach contributes to reducing dependence on standardized industrial products while promoting the preservation of cultural heritage and supporting sustainable construction strategies.

KEYWORDS: Natural hydraulic lime; Geological resources; Sustainable heritage conservation; Limestone valorization; Low-carbon binders; Traditional materials.

THE BRAZILIAN SUPREME FEDERAL COURT'S JUDGMENT IN THE CLIMATE FUND CASE: CLAIM OF NONCOMPLIANCE WITH A FUNDAMENTAL PRECEPT NO. 708/DF AND THE CONSTITUTIONAL DUTY OF CLIMATE PROTECTION

Deilton RIBEIRO BRASIL¹

University of Itaúna (UIT)

ABSTRACT: This paper analyzes the Brazilian Supreme Federal Court's judgment in the Climate Fund Case, Claim of Noncompliance with a Fundamental Precept No. 708/DF, with the objective of examining how climate protection was framed as a constitutionally binding duty rather than a matter of governmental discretion. The research problem asks whether the Executive Branch's failure to ensure the regular operation of the National Fund on Climate Change and to allocate its legally designated resources for climate mitigation constitutes an unconstitutional omission subject to judicial review and correction. The central hypothesis is that ADPF No. 708/DF consolidates a model of climate constitutionalism in which environmental protection, fundamental rights, international climate commitments and budgetary execution converge to impose enforceable duties on public authorities. The study adopts the hypothetical-deductive method, starting from the hypothesis that state climate inaction may violate fundamental constitutional precepts and testing it through the legal reasoning developed in the judgment. The methodological procedures are bibliographical, documentary and jurisprudential, based on qualitative analysis of the decision, the constitutional provisions invoked, the supralegal relevance of international commitments, the limits of administrative discretion and the Supreme Federal Court's treatment of budgetary contingency. Preliminary results indicate that the judgment strengthens judicial control over climate omissions, recognizes the legal binding force of climate governance, prohibits the contingency of Climate Fund revenues and affirms that the annual functioning and allocation of such resources are constitutional obligations aimed at mitigating climate change. The decision also reinforces the connection between climate finance, intergenerational justice and the ecological basis of fundamental rights.

KEYWORDS: Climate Constitutionalism; Climate Litigation; Brazilian Supreme Federal Court; ADPF No. 708/DF; Climate Fund; Environmental Fundamental Rights.

¹ PhD in Law from Gama Filho University, Rio de Janeiro(RJ). Professor in the Undergraduate Law Program, 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

SUMMARY: 1. Introduction. 2. From Administrative Discretion to Constitutional Obligation: State Omission and the Binding Nature of Climate Duties in ADPF 708/DF. 3. Climate Finance, Budgetary Contingency and Judicial Control: The Climate Fund as an Instrument of Constitutional Environmental Governance. 4. Closing observations. 5. References.

1. INTRODUCTION.-

Climate change represents one of the most complex constitutional challenges of contemporary legal systems. Its effects are not limited to environmental degradation, but extend to the protection of life, health, dignity, equality, public security, food security, access to water and the ecological conditions necessary for the enjoyment of fundamental rights. For this reason, climate protection can no longer be understood merely as a matter of administrative convenience or political opportunity. It increasingly emerges as a legal and constitutional duty imposed on public authorities, especially when the omission of the State compromises the protection of present and future generations.

Thus, constitutional courts have assumed a relevant role in the judicial review of climate inaction. The growing importance of climate litigation reveals that the failure to implement environmental and climate policies may generate constitutional consequences, particularly when such policies are already provided for by law and linked to budgetary instruments specifically designed to address climate risks. The judicialization of climate governance does not necessarily imply the replacement of political choices by judicial preferences. Rather, it may represent the enforcement of constitutional duties when the political branches fail to comply with obligations previously established by the Federal Constitution of 1988, legislation and international commitments.

The Brazilian experience is particularly significant in this regard. The Brazilian Federal Constitution of 1988 establishes the right to an ecologically balanced environment and imposes on the Government and the community the duty to defend and preserve it for present and future generations. This constitutional provision gives environmental protection a fundamental dimension and places ecological integrity at the core of the Brazilian constitutional order. Within this framework, climate protection may be interpreted as a necessary consequence of the constitutional duty to preserve the environment, since climate stability is directly related to the maintenance of the ecological basis of fundamental rights.

The judgment rendered by the Brazilian Supreme Federal Court in the Climate Fund Case, Claim of Noncompliance with a Fundamental Precept (ADPF No. 708/DF) , constitutes

an important milestone in this process of constitutionalization of climate protection. The case concerned allegations that the Federal Government had failed to ensure the regular functioning of the National Fund on Climate Change, commonly known as the Climate Fund, and had not allocated available resources to initiatives aimed at mitigating climate change. The controversy therefore did not involve the creation of a new public policy by the Judiciary, but the constitutional assessment of state omission in relation to an already existing institutional and financial mechanism created to support climate action.

The core issue examined in the case was whether the Executive Branch could treat the operation of the Climate Fund and the allocation of its resources as matters of free political discretion. The Brazilian Supreme Federal Court rejected such an understanding by affirming that the protection of the environment and efforts to address climate change have a binding legal nature. The Supreme Federal Court recognized that the regular functioning of the Climate Fund and the annual allocation of its resources for climate mitigation are not optional administrative measures, but constitutional obligations connected to environmental protection, fundamental rights and international commitments assumed by Brazil.

This paper is based on the following research problem: does the Executive Branch's failure to operate the Climate Fund and to allocate its legally designated resources for climate mitigation constitute an unconstitutional omission subject to judicial review? This question is relevant because it requires the examination of the limits of governmental discretion in the field of climate governance, especially when budgetary resources have a specific legal destination and are connected to the fulfillment of constitutional and international obligations. The problem also raises a broader theoretical issue concerning the role of constitutional jurisdiction in the protection of environmental fundamental rights against structural or deliberate omissions by public authorities.

The hypothesis adopted in this study is that the judgment in ADPF No. 708/DF consolidates an important model of climate constitutionalism in Brazil. According to this hypothesis, the decision demonstrates that climate protection, environmental fundamental rights, international climate commitments and public finance are legally interconnected. Therefore, the failure to operate climate finance mechanisms does not represent a neutral or merely managerial choice, but may amount to an unconstitutional omission when it prevents the implementation of measures required for the mitigation of climate change. From this perspective, budgetary execution becomes an essential instrument for the effectiveness of constitutional environmental duties.

The general objective is to analyze the constitutional meaning of the Brazilian Supreme Federal Court's judgment in the Climate Fund Case. More specifically, the research seeks to examine how the Supreme Federal Court characterized the omission of the Federal Government, how it defined the legal nature of the duty of climate protection, how it addressed the prohibition of budgetary contingency, and how it connected domestic constitutional law with international commitments assumed by Brazil. The investigation also aims to identify the contribution of ADPF No. 708/DF to the development of climate litigation and to the strengthening of judicial control over state inaction in environmental matters.

The study adopts the hypothetical-deductive method. It starts from the hypothesis that state climate inaction may violate fundamental constitutional precepts and then tests this assumption through the legal reasoning developed in the judgment. The methodological procedures are bibliographical, documentary and jurisprudential. The documentary and jurisprudential analysis focuses on the content of ADPF No. 708/DF, especially the constitutional provisions invoked, the treatment of the Climate Fund as an instrument of climate mitigation, the recognition of the binding nature of environmental duties and the Court's reasoning regarding the impossibility of contingencing resources legally assigned to climate protection.

The relevance of this research lies in the fact that ADPF No. 708/DF places climate finance at the center of constitutional environmental protection. By prohibiting the contingency of Climate Fund revenues and determining that the Executive Branch must not omit itself from making the Fund operate or from allocating its resources, the judgment reinforces the idea that public budgets are not neutral instruments in the climate crisis. On the contrary, when financial mechanisms are legally established to support mitigation policies, their non-execution may compromise the effectiveness of fundamental rights and weaken the State's capacity to fulfill its ecological obligations.

Preliminary results indicate that the judgment strengthens the normative force of the constitutional right to an ecologically balanced environment. It also confirms that climate governance cannot be reduced to a field of unrestricted political discretion, particularly when the State has assumed legal, constitutional and international duties to combat climate change. The decision contributes to the development of Brazilian climate constitutionalism by recognizing that climate protection requires institutional functioning, budgetary execution, administrative continuity and respect for the separation of powers in its constitutional sense. Besides, ADPF No. 708/DF offers an important precedent for understanding climate litigation

as a mechanism for the protection of environmental fundamental rights, intergenerational justice and the ecological foundations of constitutional democracy.

2. FROM ADMINISTRATIVE DISCRETION TO CONSTITUTIONAL OBLIGATION: STATE OMISSION AND THE BINDING NATURE OF CLIMATE DUTIES IN ADPF 708/DF.-

The judgment rendered by the Brazilian Supreme Federal Court in Claim of Noncompliance with a Fundamental Precept No. 708/DF represents a decisive step in the transformation of climate protection from a field traditionally associated with political choice and administrative convenience into a constitutionally binding duty. The Climate Fund Case demonstrates that, when a public policy instrument has already been legally established and is directly connected to the mitigation of climate change, its non-operation cannot be treated as a neutral administrative option. In such circumstances, omission becomes constitutionally relevant because it affects the effectiveness of environmental protection, climate governance, public finance and fundamental rights.

The controversy arose from the allegation that the Federal Government had failed to ensure the regular operation of the National Fund on Climate Change, commonly referred to as the Climate Fund, during 2019 and 2020. The petitioners argued that the Union had not allocated available resources to measures aimed at mitigating climate change and requested the reactivation of the Fund, the allocation of its resources and the prohibition of further contingency measures. The Brazilian Supreme Federal Court acknowledged that the records demonstrated an effective omission by the Union and that the non-allocation of resources resulted from a deliberate decision by the Executive Branch. The Supreme Federal Court also located that omission within a broader institutional context marked by the weakening of administrative collegiate bodies and the reduction of civil society participation in environmental governance (Brazilian Supreme Federal Court, 2022, pp. 2-3).

This finding is essential because it removes the case from the sphere of mere administrative delay. The Supreme Federal Court did not assess only whether public authorities had acted slowly or inefficiently. Rather, it examined whether the failure to operate the Climate Fund and to allocate its resources violated constitutional duties related to environmental protection and climate mitigation. In the operative reasoning of the judgment, the Brazilian Supreme Federal Court expressly affirmed that the duty of the Union and elected representatives to protect the environment and address climate change has constitutional, suprallegal and legal *status*. Consequently, the matter has a binding legal nature and cannot be

understood as a field of unrestricted political discretion (Brazilian Supreme Federal Court, 2022, p. 3).

Pinheiro and Pompeu (2024, pp. 77-78) identify this precise issue as one of the central contributions of ADPF No. 708/DF. The authors explain that the merits of the case opposed two positions: on the one hand, the allegation that the Federal Public Administration had committed unconstitutional omissions by failing to fully operationalize the Climate Fund in 2019 and 2020; on the other, the argument that the management of the Fund belonged to the discretionary sphere of the Federal Executive Branch, so that judicial interference would violate the separation of powers. Later, when examining the transition from administrative discretion to environmental and climate juridicity, the authors emphasize that the Brazilian Supreme Federal Court rejected the argument that administrative discretion would allow the Federal Administration to refrain from maintaining the Climate Fund in full operation. In this sense, climate protection appears as a state duty that removes from the Executive Branch the possibility of deciding merely according to convenience and opportunity when fundamental environmental protection is at stake (Pinheiro & Pompeu, 2024, pp. 84-85). Thus, the case becomes a privileged point of observation for understanding how climate duties reshape the traditional boundaries of administrative discretion.

The defense presented by the Federal Executive Branch was based, among other arguments, on the claim that the management of the Climate Fund belonged to the discretionary sphere of the Chief of the Executive Branch and that judicial interference would violate the principle of separation of powers. Pinheiro and Pompeu (2024, pp. 76-77, 81) emphasize that the dispute placed before the Court opposed two understandings: on one side, the claim that the Federal Administration had committed unconstitutional omissions by failing to fully operationalize the Climate Fund in 2019 and 2020; on the other, the argument that the management of that Fund was a matter of administrative discretion and that judicial intervention would offend separation of powers. The Supreme Federal Court's response indicates that discretion cannot serve as a legal shelter for the non-implementation of constitutionally relevant environmental duties.

The authors further explain that Brazilian administrative law has been transformed by the constitutionalization of public administration. In this framework, administrative activity is no longer guided only by formal legality, but by the broader idea of juridicity, which subjects administrative action and omission to constitutional principles, fundamental rights and democratic standards of legitimacy. Pinheiro and Pompeu (2024, pp. 81-82) argue that

administrative discretion is no longer a space of free choice by the administrator; instead, it is shaped by constitutional legitimacy and by technical and legal procedures oriented by the Brazilian Federal Constitution of 1988. Applied to ADPF No. 708/DF, this means that the Executive Branch may choose legitimate means of implementing climate policy, but it may not suppress, paralyze or empty a legally established climate finance mechanism.

The constitutional basis for this conclusion lies in the fundamental right to an ecologically balanced environment. Pinheiro and Pompeu (2024, pp. 82-83) stress that environmental protection is essential to a dignified, safe and healthy life for present and future generations and that Article 225 of the Brazilian Federal Constitution of 1988 imposes duties on public authorities. They also describe the right to the environment as a complex fundamental right, involving duties of abstention, protection, participation in relevant procedures and the adoption of factual measures beneficial to environmental quality. From this perspective, climate protection cannot be reduced to a programmatic aspiration. It requires institutional action, administrative organization and the effective use of public instruments created for that purpose.

This reasoning is reinforced by the specific legal structure of the Climate Fund. Brasil, Vasconcelos and Isolani (2024, pp. 8-9) explain that the Climate Fund was created by Law No. 12,114/2009 as a financial instrument connected to the National Policy on Climate Change, with resources intended to support activities such as education, training, research, adaptation, policy formulation, projects for the reduction of greenhouse gas emissions and other measures related to climate change mitigation and adaptation. The legal design of the Fund therefore reveals that its operation is not incidental or optional. It constitutes an institutional mechanism through which climate policy is implemented and through which the constitutional duty of environmental protection is materially supported.

The same authors show that the Federal Government's response to the ADPF No. 708/DF included the argument that the contingency of resources allocated to the Fund was a discretionary prerogative of the Executive Branch (Brasil *et al.*, 2024, p. 10). This reinforces the relevance of the Supreme Federal Court's judgment: the issue was not only the existence of environmental duties in the abstract, but whether the Executive could neutralize a legally designated financial instrument by refusing or delaying its functioning. The Supreme Federal Court rejected that possibility by recognizing that there was a direct constitutional issue, since the omission affected the constitutional protection of the environment and the restoration of essential ecological processes (Brasil *et al.*, 2024, pp. 11-12).

The transition from discretion to obligation becomes even clearer in the treatment of climate duties as duties of state protection. Brasil, Vasconcelos and Isolani (2024, p. 16) indicate that the judgment contributes to the recognition of climate constitutionalism in Brazil, as it connects environmental protection, international commitments and the fundamental nature of the right to a balanced climate. In their analysis, the interpretation adopted by the Brazilian Supreme Federal Court in ADPF No. 708/DF strengthened judicial oversight over climate and environmental policies and established a favorable framework for the continuous improvement of public policies related to climate change.

The Supreme Federal Court's reasoning also confirms that the duty to operate the Climate Fund is linked to international commitments assumed by Brazil. Pinheiro and Pompeu (2024, pp. 78-80) highlight that the Climate Fund is connected to Brazil's obligations under national and international climate governance, including commitments assumed under the international climate regime, the National Policy on Climate Change and the institutional design of the Climate Fund as an instrument for mitigation and adaptation policies. The authors also emphasize that the Supreme Federal Court recognized the supralegal relevance of international environmental treaties as human rights treaties, according to the Article 5, paragraph 2, of the Federal Constitution of 1988, and concluded that public authorities do not have a legally valid option to simply omit themselves in relation to climate change (Pinheiro & Pompeu, 2024, p. 86).

Santos and Menezes (2025, pp. 5-7) complement this reading by situating ADPF No. 708/DF within the broader movement of the constitutionalization of climate protection. In the body of the article, the authors argue that climate constitutionalism emerges from the integration between climate governance and global constitutionalism and operates through constitutional parameters aimed at promoting climate justice. They also explain that the constitutionalization of climate protection may occur either through the express inclusion of climate-related rights in constitutional texts or through the reinterpretation of fundamental rights, such as life, dignity, property and the environment, in light of climate risks and the failure to comply with climate commitments. This approach reinforces the understanding that ADPF No. 708/DF is not an isolated judgment, but part of a broader process in which climate litigation and constitutional adjudication increasingly give legal effect to climate duties.

The authors also observe that, in the Brazilian context, the fundamental right to an ecologically balanced environment has a double dimension: it involves subjective public rights and objective duties of protection (Santos & Menezes, 2025, p. 10). This double dimension is

fully compatible with the reasoning developed in ADPF No. 708/DF. The omission in the operation of the Climate Fund affected not only an institutional mechanism, but also the objective duty of the State to organize, finance and implement measures capable of protecting the ecological conditions of present and future life. In this sense, judicial review becomes a means of enforcing constitutional duties when administrative inaction jeopardizes climate governance.

The binding nature of climate duties was ultimately expressed in the thesis fixed by the Brazilian Supreme Federal Court. The Supreme Tribunal held that the Executive Branch has the constitutional duty to make the Climate Fund function and to allocate its resources annually for the purpose of mitigating climate change. It also prohibited the contingency of the Fund's revenues, grounding this conclusion in the constitutional duty to protect the environment, the rights and international commitments assumed by Brazil, and the principle of separation of powers in connection with the Fiscal Responsibility Law (Brazilian Supreme Federal Court, 2022, pp. 3-4). This formulation is significant because it turns separation of powers against administrative omission: the Executive Branch cannot disregard the legislative choice that assigned resources to a specific environmental and climate purpose.

3. CLIMATE FINANCE, BUDGETARY CONTINGENCY AND JUDICIAL CONTROL: THE CLIMATE FUND AS AN INSTRUMENT OF CONSTITUTIONAL ENVIRONMENTAL GOVERNANCE.-

The Climate Fund Case reveals that climate finance cannot be understood merely as an accounting or budgetary matter. It must be examined as part of constitutional environmental governance, since the allocation, continuity and institutional effectiveness of climate funds directly affect the implementation of mitigation and adaptation policies. In this sense, the National Fund on Climate Change is not only a financial mechanism, but also an institutional instrument through which the State gives practical effect to climate obligations, environmental protection and the safeguarding of fundamental rights.

Law No. 12,114/2009 established the National Fund on Climate Change as a legal instrument designed to ensure resources for projects, studies and financing related to climate change mitigation and adaptation (Brazil, 2009, article 2). Tigre and Setzer (2023, p. 599) describe the Climate Fund as a financial instrument central to the National Policy on Climate Change, directly associated with Brazil's low-carbon strategy and aimed at supporting projects, studies and activities related to greenhouse gas mitigation and adaptation to climate change.

Therefore, the Climate Fund should not be understood merely as a budgetary arrangement, but as an institutional mechanism created to give practical effect to public climate policy.

This institutional design demonstrates that the Climate Fund performs a concrete function in the implementation of climate policy. Lopes and Albuquerque (2023, pp. 3-4) state that the Fund serves as a catalyst for investments in climate change actions and that its continuity and effectiveness reinforce Brazil's commitment to international goals for the reduction of greenhouse gas emissions, while also strengthening research and investments in climate-related projects. To assess the Fund's institutional effectiveness, the authors examine five dimensions: legal and regulatory structure, resource mobilization and sustainability, governance and resource allocation, monitoring and evaluation, and accountability and transparency. These dimensions are relevant to the constitutional debate because they show that climate finance depends not only on formal legal creation, but also on institutional capacity, transparent governance, monitoring, evaluation and continuity.

The empirical findings presented by Lopes and Albuquerque (2023, p. 5) reveal relevant weaknesses in the institutional functioning of the Fund. The accountability and transparency dimension showed satisfactory adherence regarding the timely and public disclosure of financial results, transparent execution procedures and the existence of communication channels. However, the same authors also identify limitations in public access to information for independent evaluation, especially the lack of certain data on individual contracts and on greenhouse gas emission reductions achieved by supported projects. They also point out that governance and resource allocation showed only partial adherence with respect to stakeholder representation and the operational capacity to manage the Fund. In addition, the legal and regulatory structure still required improvement due to normative conflicts, instability in the organizational structure of the Ministry of the Environment and Climate Change, and changes in the composition of the management committee (Lopes & Albuquerque, 2023, pp. 5-6).

These weaknesses are especially relevant when connected to the vulnerability of climate finance to budgetary limitations and institutional discontinuity. Lopes and Albuquerque (2023) observe that allocation and disbursement procedures still require improvement, since they are often affected by delays in the approval of the Annual Budget. They also indicate that monitoring and evaluation remained deficient, with incomplete or outdated reports and the absence, until 2020, of an established methodology for measuring the impacts of supported projects. In addition, the authors identify resource mobilization and sustainability as one of the Fund's main institutional challenges, especially because its financial resources depend solely

on national public sources, making long-term stability uncertain and exposing the Fund to limitations and reductions arising from governmental negotiations involving competing demands (Lopes & Albuquerque, 2023, pp. 6, 8).

From this standpoint, the judicial control exercised in the Climate Fund Case may be understood as a response to a concrete institutional vulnerability. Tigre and Setzer (2023, p. 599) explain that the Climate Fund was created as a financial mechanism established by national law to support climate change mitigation and adaptation projects. When analyzing the Supreme Court's decision in ADPF No. 708, they emphasize that the Supreme Federal Court held that the Executive Branch had a constitutional obligation to allocate Climate Fund resources for climate change mitigation and could not refuse to implement a measure mandated by legislation. This obligation was grounded in the constitutional right to a healthy environment, international rights and commitments, and the principle of separation of powers (Tigre & Setzer, 2023, pp. 614-615).

The importance of the decision becomes clearer when the Fund is understood as a mechanism for implementing climate finance. Tigre and Setzer (2023) note that, by a ten-to-one majority, the Brazilian Supreme Federal Court held that the Executive Branch was constitutionally obligated to carry out the allocation and execution of Climate Fund resources for climate change mitigation. According to the authors, this pronouncement established the government's duty to allocate funds strategically, directing them to areas where climate mitigation efforts are most needed (Tigre & Setzer, 2023, p. 614). The judgment itself also recognized that the non-allocation of Climate Fund resources resulted from a deliberate decision by the Executive Branch, linked to the attempt to alter the composition of the Fund's Management Committee and control information and decisions concerning the allocation of resources (Brazilian Supreme Federal Court, 2022, p. 2). In the thesis fixed by the Supreme Federal Court, the Executive Branch has the constitutional duty to ensure the functioning of the Climate Fund and to allocate its resources annually for climate change mitigation, with the contingency of such revenues being prohibited (Brazilian Supreme Federal Court, 2022, pp. 3-4).

In that regard, the prohibition of budgetary contingency assumes a constitutional meaning when read together with the Supreme Federal Court's reasoning in ADPF No. 708/DF. Tigre and Setzer (2023) also indicate that the decision requires the efficient allocation of the Fund's resources in order to preserve its original function and avoid mismanagement of funds intended for mitigation and adaptation. They also stress that the decision contributes to the

climate finance needed for Brazil's transition and that the resources of the Climate Fund are essential for the implementation of policies capable of increasing national climate ambition. Thus, the constitutional duty to allocate funds effectively entails an obligation to address climate change in accordance with the international commitments embedded in the climate change framework (Tigre & Setzer, 2023, pp. 614-615).

The same authors also connect the decision to judicial oversight and separation of powers. The ruling is significant because it ensures the role of courts in reviewing governmental decisions or omissions when environmental and climate protection duties are at stake. When discussing the budgetary dimension of the case, Tigre and Setzer explain that the judiciary may review the federal budget when an area of expenditure is inconsistent with or contrary to existing legislation. They further state that the ruling confirms not only that judicial intervention is supported by the principle of separation of powers, but also that such intervention may be necessary to reestablish the balance between the Executive and Legislative Branches, since the Executive cannot simply ignore legislative determinations regarding the destination of funds (Tigre & Setzer, 2023, pp. 614-615, 635-636).

This reasoning is compatible with the structural dimension of environmental protection examined by Bambirra and Brasil (2021). The authors explain that the right to an ecologically balanced environment is often neglected and that the State should ensure preventive means for environmental preservation through effective measures and public policies aimed at defending the environment. They also state that their objective is to demonstrate the need for restructuring and readjusting environmental public policies through a structural decision capable of protecting the fundamental right to the environment and producing relevant institutional change (Bambirra & Brasil, 2021, pp. 2-3). They add that state omissions result in serious violations of fundamental rights arising from structural failures and that structural decisions may indicate paths and measures to be adopted in order to provide a more systematic response to complex problems (Bambirra & Brasil, 2021, p. 10).

The Climate Fund Case can therefore be read through this structural lens. Bambirra and Brasil (2021) assert that state omissions result in serious violations of fundamental rights arising from structural failures that prevent constitutional provisions from becoming reality. They also highlight that, in matters involving fundamental rights and public policies, structural decisions may indicate paths and measures to be adopted, offering a more systematic response to complex problems (Bambirra & Brasil, 2021, p. 10). Applied to the Climate Fund, this understanding supports the view that judicial control over the non-operation of environmental

policy instruments does not replace public administration, but seeks to correct a structural failure that prevents the effectiveness of a mechanism legally created for environmental and climate protection.

In this sense, Bambirra and Brasil (2021) conclude that environmental violations and degradation result from structural failures of the State and responsible institutions, requiring flexible structural measures in the face of repeated state inertia and omission. They also state that structural procedure enables better reorganization and adjustment of situations that systematically violate the right to an ecologically balanced environment, and that judicial supervision is essential to solve issues that arise during the process of institutional restructuring (Bambirra & Brasil, 2021, pp. 16-17). This conclusion is particularly relevant to the Climate Fund Case because the decision did not concern an isolated administrative act, but rather the need to restore the functioning, financing and institutional integrity of a climate governance mechanism.

Furthermore, Brasil and Vasconcelos (2022) offer a complementary normative parameter through the principles of prohibition of ecological regression and the duty of progressivity in environmental matters. Although their study focuses on ADPF No. 935 and the protection of natural underground cavities, the authors formulate a broader environmental-constitutional argument. They explain that the prohibition of ecological regression is closely related to the duty of progressivity in environmental matters and that environmental protection is a fundamental right with constitutional *status* and also a human right recognized internationally, requiring the State to adopt measures aimed at ensuring maximum ecological protection (Brasil & Vasconcelos, 2022, pp. 25-26).

The connection with climate finance is therefore consistent with this normative framework. If environmental protection is subject to a duty of progressivity, the State cannot weaken already established environmental instruments without constitutional justification. Brasil and Vasconcelos (2022) state that the prohibition of ecological regression and the duty of progressivity are important hermeneutic parameters for the judiciary in environmental conflicts, especially when there is a scenario of reduction or worsening resulting from normative or administrative acts, both in diffuse and concentrated constitutional review (Brasil & Vasconcelos, 2022, p. 26). Budgetary contingency affecting the Climate Fund may thus be interpreted, within the limits of this reasoning and in light of ADPF 708/DF, as a form of institutional weakening of an environmental policy instrument designed to support climate mitigation and adaptation.

4. CLOSING OBSERVATIONS.-

The present research aimed to analyze the constitutional meaning of the Brazilian Supreme Federal Court's judgment in the Climate Fund Case, Claim of Noncompliance with a Fundamental Precept No. 708/DF, with particular attention to the transformation of climate protection from a matter of administrative discretion into a constitutionally binding duty. More specifically, the study sought to examine how the Supreme Federal Court characterized the omission of the Federal Government, how it defined the legal nature of the duty of climate protection, how it addressed the prohibition of budgetary contingency, and how it connected domestic constitutional law with the international climate commitments assumed by Brazil.

The research problem asked whether the Executive Branch's failure to ensure the regular operation of the National Fund on Climate Change and to allocate its legally designated resources for climate mitigation constituted an unconstitutional omission subject to judicial review and correction. Based on the analysis developed throughout the study, the answer is affirmative. The judgment in ADPF No. 708/DF demonstrates that the non-operation of a legally established climate finance mechanism cannot be treated as a neutral administrative choice when such omission compromises the effectiveness of environmental protection, climate governance, fundamental rights and the fulfillment of national and international climate duties.

The hypothesis of the research is therefore confirmed. ADPF No. 708/DF consolidates a model of climate constitutionalism in which environmental protection, fundamental rights, international climate commitments and budgetary execution converge to impose enforceable duties on public authorities. The Brazilian Supreme Federal Court did not create a new public policy, nor did it replace the Executive Branch in the management of public administration. Rather, it recognized that the Climate Fund had already been legally established as an instrument of climate mitigation and that its paralysis or financial neutralization amounted to a constitutionally relevant omission. In this behalf, the decision confirms that public authorities may have discretion regarding the concrete means of implementing climate policy, but they do not have discretion to suppress, paralyze or empty instruments legally created to protect the environment and address climate change.

The use of the hypothetical-deductive method was essential to the development of the research. The investigation started from the hypothesis that state climate inaction may violate fundamental constitutional precepts and then tested this assumption through the legal reasoning developed in ADPF No. 708/DF. This method made it possible to move from a general

theoretical proposition - that climate omissions may generate constitutional responsibility - to the specific examination of the Climate Fund Case. It also allowed the research to verify whether the Supreme Federal Court's reasoning effectively supported the transition from administrative discretion to constitutional obligation and whether the prohibition of budgetary contingency could be understood as a necessary consequence of the constitutional duty of climate protection.

The methodological procedures adopted were bibliographical, documentary and jurisprudential. The bibliographical analysis was based only on the authors used in the article, especially the contributions concerning climate constitutionalism, climate finance, structural litigation, ecological non-regression and environmental progressivity. The documentary analysis considered the legal framework of the Climate Fund, especially Law No. 12,114/2009, which established the National Fund on Climate Change as an instrument designed to ensure resources for projects, studies and financing related to climate change mitigation and adaptation. The jurisprudential analysis focused on the judgment in ADPF No. 708/DF, particularly the recognition of the Union's omission, the binding nature of climate duties, the prohibition of contingency of Climate Fund revenues and the constitutional duty to ensure the Fund's annual functioning and allocation of resources.

The results achieved indicate, first, that ADPF No. 708/DF strengthened judicial control over climate omissions. The Brazilian Supreme Federal Court recognized that the failure to operate the Climate Fund was not merely an administrative delay, but an omission capable of undermining constitutional environmental protection. This conclusion is consistent with the understanding that administrative discretion is constitutionally conditioned and cannot be used as a legal shield for the non-implementation of duties related to climate protection. The decision therefore contributes to the consolidation of Brazilian climate constitutionalism by affirming that climate governance has binding legal force.

Second, the research shows that the Climate Fund operates as an instrument of constitutional environmental governance. Lopes and Albuquerque (2023) demonstrate that the Fund's institutional effectiveness depends on legal and regulatory structure, resource mobilization and sustainability, governance and resource allocation, monitoring and evaluation, and accountability and transparency. This confirms that climate finance is not limited to the formal existence of budgetary resources; it requires continuity, institutional capacity, transparency, monitoring, evaluation and adequate governance. In the same direction, Tigre and Setzer (2023) show that the Supreme Federal Court's decision transformed the

allocation of Climate Fund resources into a constitutional obligation subject to judicial oversight.

Third, the research demonstrates that the prohibition of budgetary contingency in ADPF No. 708/DF has a constitutional meaning. It is not merely a technical limitation on fiscal management, but a legal response to the weakening of an instrument specifically created for climate mitigation. When public resources are legally assigned to climate protection, their non-execution may compromise the effectiveness of fundamental rights and the State's capacity to fulfill its ecological obligations. The judgment therefore reinforces the idea that public budgets are not neutral in the context of the climate crisis, especially when the legislature has already defined a specific environmental and climate purpose for the resources.

Fourth, the research confirms that the Climate Fund Case may also be understood through a structural perspective. Bambirra and Brasil (2021) show that environmental violations may result from structural failures of the State and responsible institutions, requiring measures capable of reorganizing public policies and correcting institutional omissions. Applied to ADPF No. 708/DF, this reasoning supports the conclusion that judicial control over the non-operation of the Climate Fund does not replace public administration. Rather, it seeks to restore the functioning of a legally established climate governance mechanism and to prevent the systematic weakening of environmental protection.

Fifth, the principles of prohibition of ecological regression and the duty of progressivity in environmental matters, as discussed by Brasil and Vasconcelos (2022), provide an additional normative parameter for the analysis. If environmental protection must be progressively strengthened and cannot be unjustifiably reduced, the financial weakening or paralysis of the Climate Fund may be interpreted as a form of institutional regression. In this regard, the Brazilian Supreme Federal Court's decision is consistent with the need to preserve previously established environmental protection mechanisms and to prevent administrative or budgetary acts from reducing the level of ecological protection already achieved.

As preventive measures, the analysis developed in this research suggests the need to ensure the regular and annual functioning of the Climate Fund, with effective allocation of resources to climate mitigation and adaptation policies; to prevent the use of budgetary contingency as a mechanism capable of neutralizing legally designated climate finance; to preserve the institutional integrity of the Fund's governance structure, including transparency and participation; to improve monitoring and evaluation mechanisms capable of assessing the results of supported projects; and to strengthen administrative and judicial oversight whenever

omissions or institutional discontinuities threaten the effectiveness of climate policy. These measures are not external to the article's subject matter; they result directly from the reasoning developed in ADPF No. 708/DF and from the bibliographical framework used throughout the research.

In conclusion, the Climate Fund Case confirms that climate protection in Brazil is not merely a political agenda or an optional administrative preference. It is a constitutional duty grounded in the right to an ecologically balanced environment, in the protection of present and future generations, in international climate commitments and in the legal structure of the National Policy on Climate Change. The hypothesis initially proposed is confirmed: ADPF No. 708/DF consolidates climate constitutionalism by transforming climate finance, budgetary execution and judicial review into interconnected elements of constitutional environmental governance. The decision stands as an important precedent for the control of insufficient state action, the protection of environmental fundamental rights and the strengthening of the constitutional duty of climate protection.

5. REFERENCES.-

- Bambirra, T. B., & Brasil, D. R. (2021). The fundamental right to the environment and structural litigation as an adequate means for its protection. *Journal of Environmental and Socio-Environmental Law*, 7(1), 1-19. <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9628/2021.v7i1.7567>
- Brasil, D. R., & Vasconcelos, G. O. S. (2022). The principle of prohibition of ecological regression and the duty of progressivity in environmental matters: An analysis of Claim of Noncompliance with a Fundamental Precept No. 935 against Decree No. 10,935/2022. *Environmental Law and Society Journal*, 12(2), 10-33. <https://doi.org/10.18226/22370021.v12.n2.01>
- Brasil, D. R., Vasconcelos, G. O. S., & Isolani, L. F. (2024). The judicial interpretation of the Brazilian Supreme Federal Court on climate constitutionalism: A case study on ADPF No. 708 concerning the Climate Fund. *Revista Direito Ambiental e Sociedade - Journal of Law*, 14(1), 1-18. <https://doi.org/10.18226/22370021.v14.n1.09>
- Brazil. (1988). Constitution of the Federative Republic of Brazil. *Official Gazette of the Union*, 05 November 1988. Brasília, Federal District. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Brazil. (2009). Law No. 12,114, of December 9, 2009. Creates the National Fund on Climate Change, amends Articles 6 and 50 of Law No. 9,478, of August 6, 1997, and provides other measures. Published in the *Official Gazette of the Union*, December 10, 2009, p. 9, col. 1; rectified on December 11, 2009, p. 14, col. 1. Presidency of the Republic. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112114.htm
- Lopes, A. C. C. G., & Albuquerque, A. A. de. (2023). Climate finance: Institutional effectiveness of the National Fund on Climate Change. *Brazilian Journal of Public Administration*, 57(3), e2022-0318. <https://doi.org/10.1590/0034-761220220318>
- Magalhães, M. T. R. (2025). Climate litigation and administrative control in the context of environmental governance: Lessons from the judgment of ADPF No. 708 in the Brazilian Supreme Federal Court in connection with the work of the Office of the Comptroller General. *Revista da CGU - Journal of Law*, 17(32), 228-245. <https://doi.org/10.36428/revistadacgu.v17i32.812>
- Pinheiro, L. B. de V., & Pompeu, G. V. M. (2024). Constitutional and conventional analysis in ADPF No. 708 (Climate Fund Case): Between the progress of environmental juridicity and anthropocentric conservatism. *Journal of Law and Sustainability*, 10(1), 75-92. <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2024.v10i1.10518>

- Santos, T. de A., & Menezes, R. da S. (2025). The constitutionalization of the right to climate for the promotion of climate justice in the Brazilian Amazon. *Revista Direito Ambiental e Sociedade - Journal of Law*, 15(2), 1-13. <https://doi.org/10.18226/22370021.v15.n2.15>
- Supreme Federal Court. (2022). Claim of Noncompliance with a Fundamental Precept No. 708/DF: Climate Fund Case. Rapporteur: Justice Luís Roberto Barroso. Judgment of July 4, 2022; published in the *Electronic Justice Gazette*, DJe No. 194, September 28, 2022. <https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5951856>
- Tigre, M. A., & Setzer, J. (2023). Human rights and climate change for climate litigation in Brazil and beyond: An analysis of the Climate Fund decision. *Georgetown Journal of International Law*, 54(4), 593-637. https://scholarship.law.columbia.edu/sabin_climate_change/219

ASSESSMENT OF THE PREVALENCE OF POLYENDOCRINE METABOLIC OVARIAN SYNDROME (PMOS) AND ADHERENCE TO THE MEDITERRANEAN DIET AMONG UNIVERSITY FEMALE STUDENTS IN MOROCCO

Safae Abdessadki¹, Chaimaa Izkik¹, Naima CHIKHI², Mohamed MZIWIRA³

¹Interdisciplinary Laboratory of Fundamental and Applied Sciences (LISFA), Biotechnology and Health Research Team, Higher normal school, Hassan II University, Casablanca, Morocco.

²Interdisciplinary Laboratory of Fundamental and Applied Sciences (LISFA), Biotechnology and Health Research Team, Higher normal school, Hassan II University, Casablanca, Morocco.

ORCID: 0009-0000-3096-3666

³Interdisciplinary Laboratory of Fundamental and Applied Sciences (LISFA), Biotechnology and Health Research Team, Higher normal school, Hassan II University, Casablanca, Morocco.

Mohamed.mziwira@univh2c.ma

ORCID: 0000-0002-9814-4867

INTRODUCTION

The most common endocrine disorder affecting women of reproductive age and represents a major public health concern is Polyendocrine Metabolic Ovarian Syndrome (PMOS). Diet, particularly adherence to the Mediterranean diet, may help alleviate its clinical manifestations by targeting insulin resistance and chronic inflammation. However, limited data are available on the relationship between PMOS and dietary habits among university students. Therefore, this study aimed to determine the prevalence of PMOS and evaluate their adherence to the Mediterranean diet.

MATERIEL ET METHODES

A descriptive analytical study was conducted among 576 female university students from the Casablanca region. Data were collected using a structured questionnaire covering socio-demographic characteristics, general and reproductive health information. The diagnosis of PMOS was based on the National Institutes of Health (NIH) criteria, requiring the presence of clinical and/or biochemical hyperandrogenism with chronic anovulation or oligo-ovulation. Adherence to the Mediterranean diet were assessed using the PREDIMED questionnaire.

RESULTATS

The majority of participants were single (98.6%), aged 19–20 years (78.8%), and from urban areas. The prevalence of overweight and obesity was 22.5% and 4.0%, respectively. The prevalence of PMOS was 7.3%. A significant association was observed between PMOS and several clinical manifestations, including the severity of hirsutism ($\chi^2 = 23.875$, $p < 0.001$), acne ($\chi^2 = 22.510$, $p < 0.001$), the type of alopecia ($\chi^2 = 16.954$, $p = 0.001$), and menstrual cycle disorders ($\chi^2 = 21.889$, $p < 0.001$). Assessment of adherence to the Mediterranean diet showed that most participants had low adherence (63.2%). A significant association was also found

between adherence to the Mediterranean diet and the presence of PMOS ($\chi^2 = 14.309$, $p = 0.003$).

CONCLUSION

The low adherence to the Mediterranean diet observed in this population highlights the need for a comprehensive management approach. Promoting adherence to a Mediterranean dietary pattern, combined with regular physical activity and personalized medical follow-up, may help improve the metabolic and hormonal manifestations of PMOS among young female students.

Keywords: PMOS, Mediterranean Diet, Student, Prevalence

THE LACK OF PRACTICAL SKILLS AS A CHALLENGE FOR YOUNG PEOPLE IN THE LABOUR MARKET IN ALBANIA

PhD. Romina RADONSHIQI

Lecturer, University College LOGOS

Tirane, Albania

Msc. Bledar RADONSHIQI

CEO Eventalb

Milano, Italy

Abstract

Young people represent sustainable human capital, who not only contribute added value to the labour market but also embrace innovation and market changes more quickly. Albania faces a major paradox, where there are young people who are academically qualified but lack the practical experience required by industry and the labour market.

This mismatch between labour market demand and the skills they have acquired through vocational or university education means that these young people do not find their place in the labour market, and some of them remain unemployed or work in positions that do not correspond to their completed education. Unemployed young people are those who later see the European labour market as a good opportunity to position themselves and to develop professionally.

The purpose of this study is to understand the situation regarding the practical skills of young graduates and how they are positioned in the labour market, by identifying the main problems and barriers. Through a qualitative method, this study will provide an overview of the current situation in the labour market in Albania, bringing attention to the need for continuous cooperation between universities and industry.

Keywords: labour, young people, practical skills, university, industry

JEL Classification: J24, J64, I23, I25, J21, O15.

Introduction

The labour market in Albania faces numerous challenges, mainly due to a shortage of employees. At the same time, it is characterized by young people who are academically qualified but have a significant lack of practical skills. The lack of cooperation between industry, public administration, and universities has negatively affected the preparation of young people with the skills required by the labour market. This also includes soft skills, which are essential for employee performance within an organization. University curricula, as well as curricula in many vocational schools, are outdated and not aligned with market demands or with current socio-economic dynamics. These curricula often do not meet the needs and requirements of the labour market. Moreover, they are mainly theoretical and do not equip students with practical skills. Every vocational school and university should develop its

programmes based on labour market research, while also integrating these needs with technological skills. The Western Balkans, and Albania in particular, are regions where young graduates face difficulties when entering the labour market, as they have often not acquired the practical aspects of their profession during their studies.

Aim of the Study

The aim of this study is to highlight how the lack of practical experience represents a significant challenge for young people in the labour market.

Objectives of the Study

- To present the current situation of the labour market in Albania.
- To analyse the position of young people in the labour market.
- To identify the main challenges faced by young people in the labour market.
- To recommend the need for cooperation between universities, industry, and public administration.

Research Question

What impact does the lack of practical skills have on the labour market for young people in Albania?

Hypothesis

Young graduates who lack practical skills face difficulties in the labour market because theoretical knowledge alone is insufficient for them to be competitive and successfully positioned in employment.

Methodology

This study is based on a qualitative research method and uses a questionnaire as the main instrument for data collection. The sample selected for the study consists of 250 young graduates, with the aim of understanding their experiences and perceptions regarding their position in the labour market.

Limitations of the Study

This study addresses a gap in existing research related to this topic. There are studies that discuss the importance of young people in the labour market and the challenges they face; however, comprehensive studies specifically focused on the lack of practical skills are limited in number, particularly in the case of Albania. The aim of this study is to provide a contribution for future researchers. However, one limitation of the study is the relatively small sample size, consisting of 250 young people.

Contribution of the Study

This study is of great importance for Albania in this period, as the country is facing a shortage of labour force, population ageing, and increasing emigration. Young people face various challenges in the labour market, where one of the dominant issues is the lack of experience and practical skills, which makes them less competitive.

This study will serve as a contribution, first of all, for young people themselves, helping them understand the importance of receiving training or participating in internships after graduation in order to gain practical skills and become competitive in the labour market. Secondly, it is important for universities, as it highlights the need to review study programme curricula and make them more practice-oriented.

The study is also important for industry, helping employers understand that young people may possess academic knowledge but often lack practical skills; therefore, it is the responsibility of industry to provide them with training. Furthermore, it is relevant for the government and policymakers, as it underlines the fact that young people face significant challenges in the labour market. Public institutions, together with industry and universities, should cooperate and work as a common interest group with the aim of preparing and supporting young people in the labour market.

Literature Review

Universities in Albania provide young people with diplomas, but not necessarily with professional skills. This is one of the main issues that later causes young graduates to face challenges in the labour market. A diploma should create opportunities for young people to transition from education to employment and should guarantee the development of professional skills (Tomlinson, 2012).

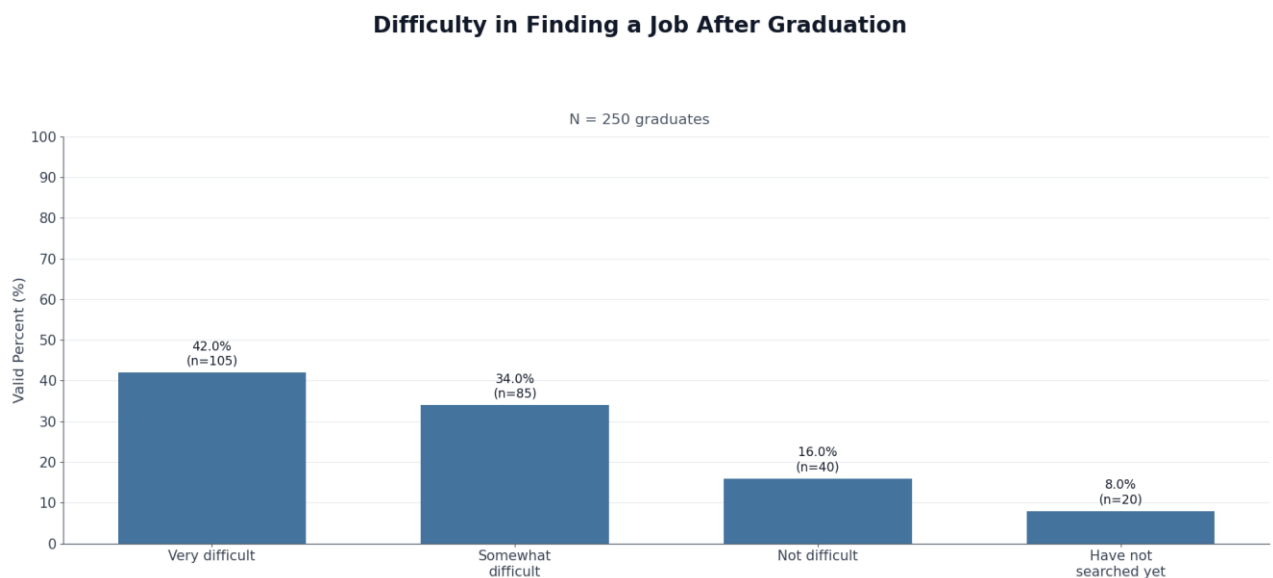
Although young people in Albania increasingly hold university degrees, their education does not always provide them with the practical and professional skills needed to compete effectively in the labour market. This is largely because the education system continues to rely on theoretical and outdated study programmes that are not sufficiently aligned with labour market demands (World Bank, 2018).

According to Eimer and Bohndick (2023), universities teach students what they need to know, but they do not always guide them on how to use the knowledge they have acquired in the labour market. Therefore, it is important for a young graduate to be able to integrate university knowledge with the skills and competencies required by the labour market.

Universities, as institutions of education and professional preparation, should prepare students not only with theoretical knowledge, but should also direct this knowledge toward the development of critical thinking, practical skills, and technological abilities that are adapted to the workplace (NACE, 2024), because career development goes beyond obtaining a degree and acquiring theoretical knowledge. Traditional teaching methods are no longer sufficient; therefore, universities should adopt practical methods of learning and critical thinking development. This means moving toward active teaching methods that include case studies, real projects, simulations, group work, problem analysis, and practical reflection (Lu, Mustakim, & Muhamad, 2025). According to the OECD (2024), vocational and higher education study programmes need to be reviewed, because the mismatch between curricula and labour market demands has not only contributed to a lack of skills among young graduates, but has also become a significant challenge for the labour market in Albania.

Data Analysis

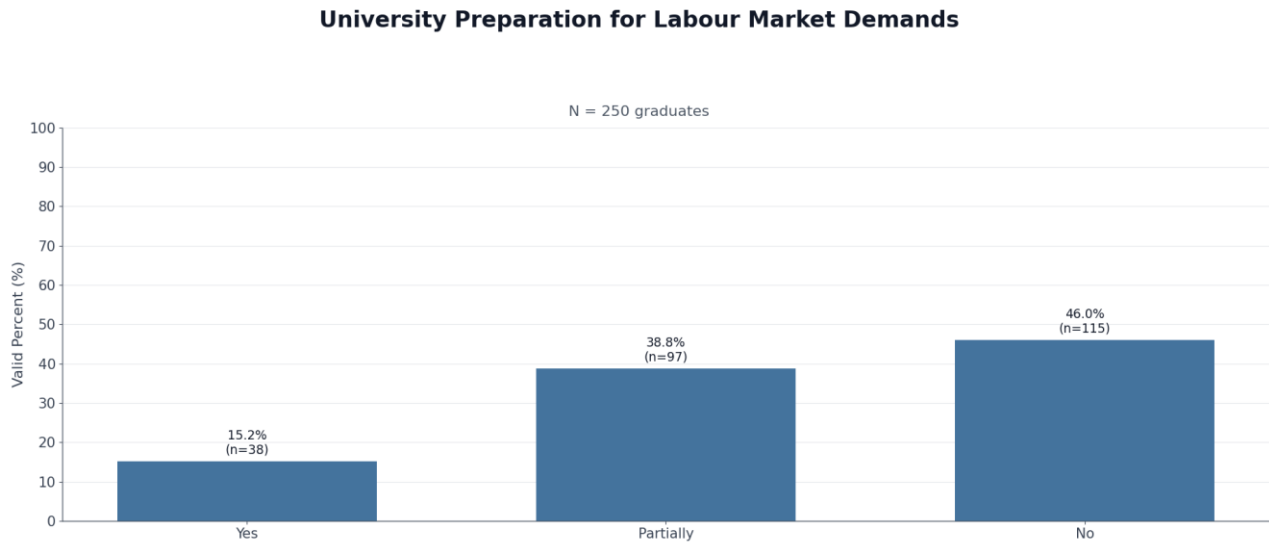
Chart 1: Difficulty in Finding a Job After Graduation



Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

Based on the data collected from the study sample, we can conclude that the majority of young graduates have faced difficulties in finding a job after graduation. Specifically, 42% stated that they experienced significant difficulties, while 34% reported that finding a job was somewhat difficult.

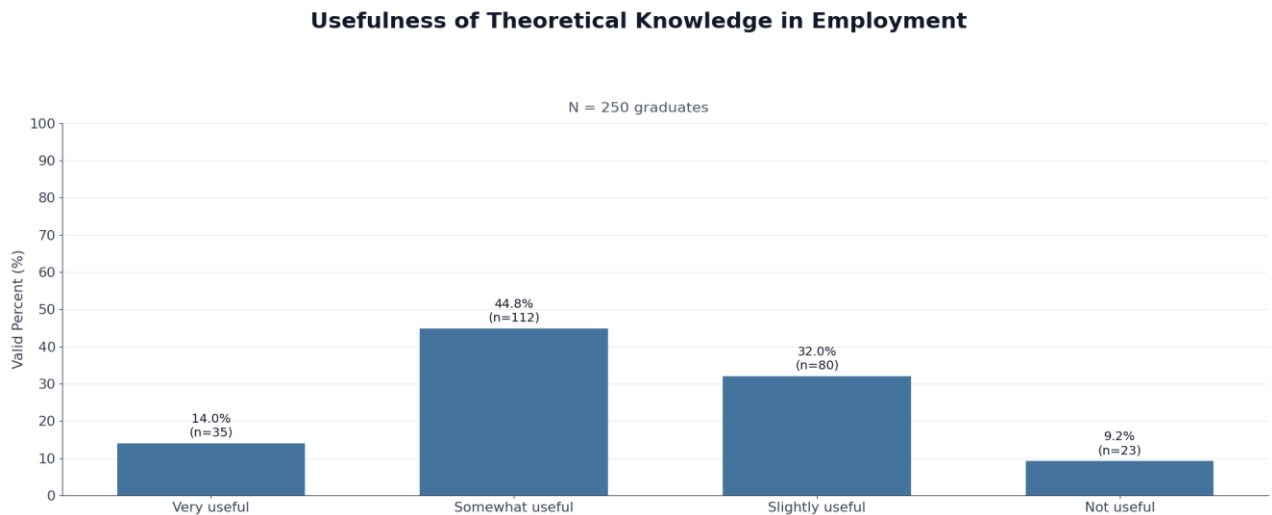
Chart 2: University Preparation for Labour Market Demands



Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

Referring to the question of how much university prepares students for the labour market, 46% of respondents stated that it does not prepare them, while 38.8% stated that it prepares them only partially. This finding confirms that young graduates are not fully competitive in the labour market, as they lack the necessary skills.

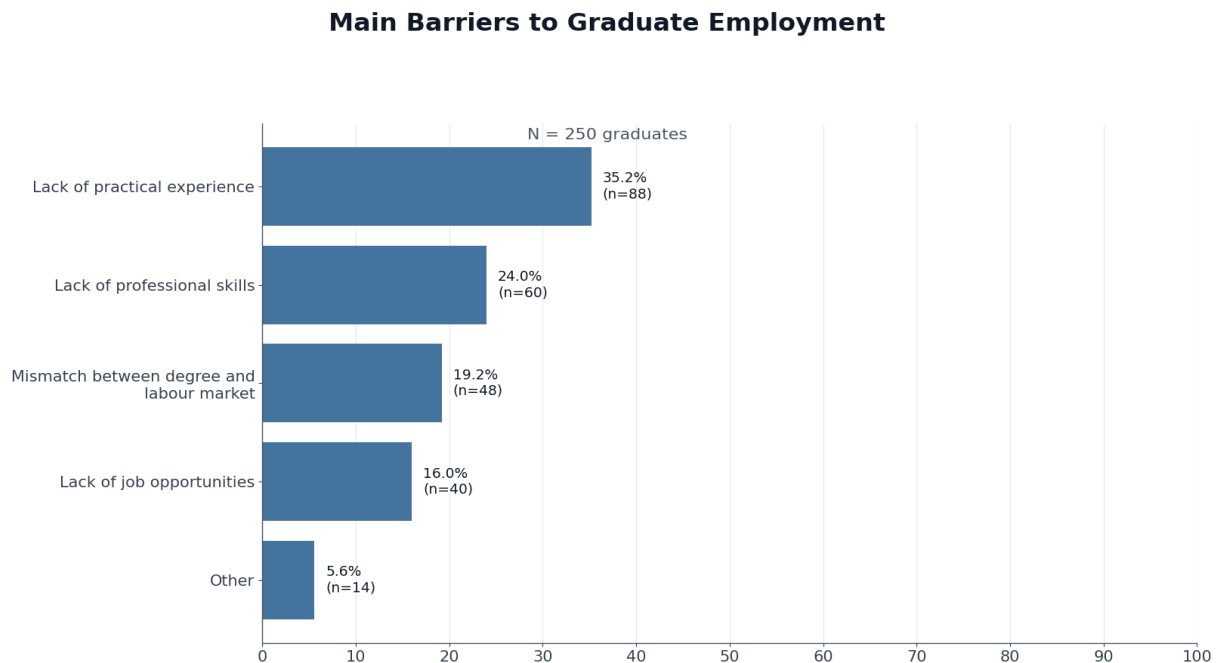
Chart 3: Usefulness of Theoretical Knowledge in Employment



Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

Referring to the data related to the question of how useful the theoretical knowledge gained at university has been for employment, around 44.8% of respondents stated that it was somewhat useful, 32% stated that it was slightly useful, 9.2% stated that it was useful, and 14% stated that it was very useful. This finding shows that theoretical knowledge alone is insufficient for employment.

Chart 4: Main Barriers to Graduate Employment

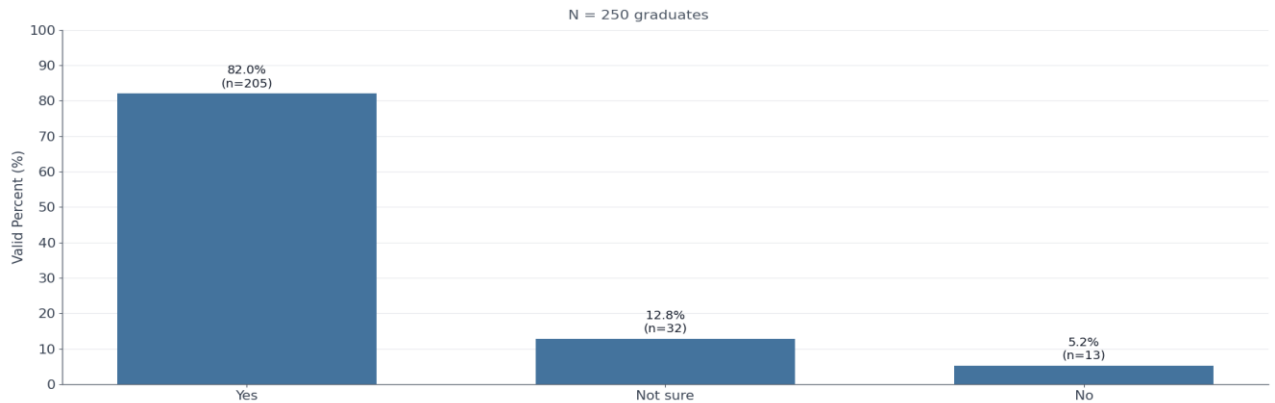


Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

Referring to the data related to the question of how useful the theoretical knowledge gained at university has been for employment, around 44.8% of respondents stated that it was somewhat useful, 32% stated that it was slightly useful, 9.2% stated that it was useful, and 14% stated that it was very useful. This finding shows that theoretical knowledge alone is insufficient for employment.

Chart 5: Need for Practical Learning in University Programmes

Need for Practical Learning in University Programmes

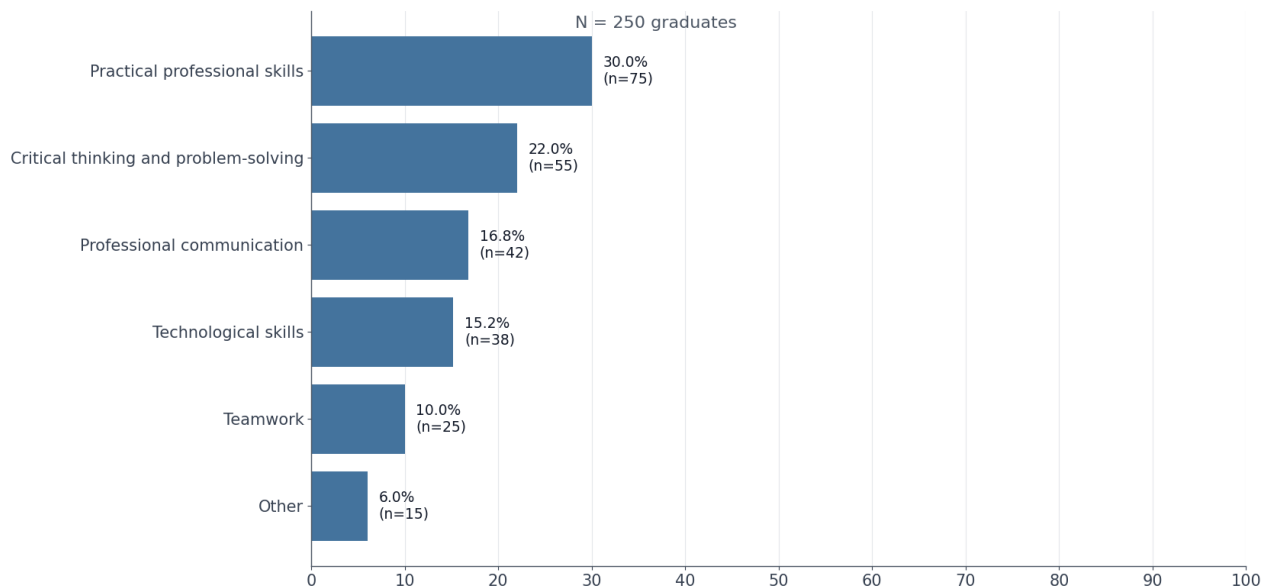


Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

According to the data presented above, more than half of the respondents, around 82%, stated that university programmes should include more practical skills.

Chart 6: Skills Most Lacking After Graduation

Skills Most Lacking After Graduation

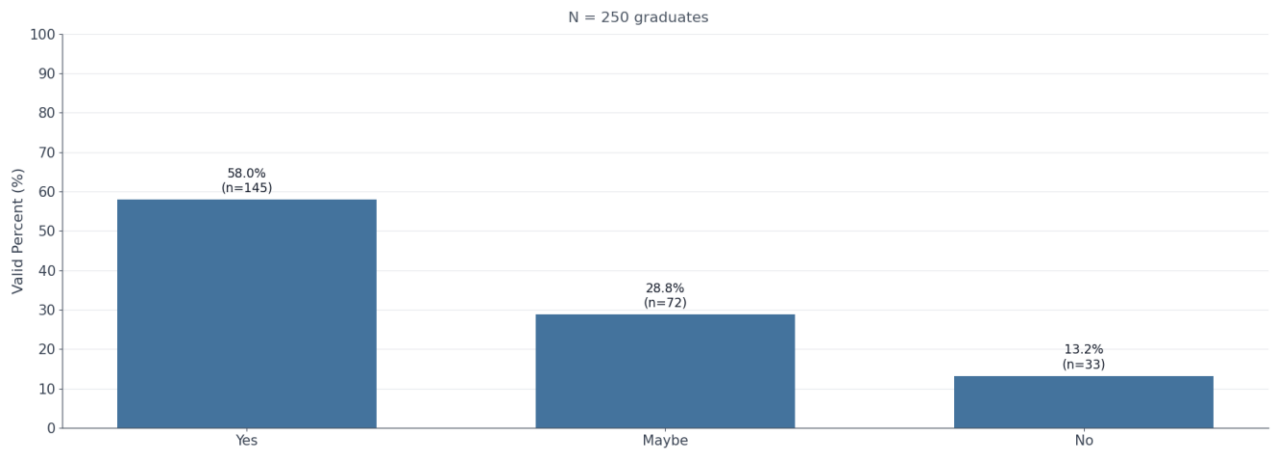


Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

Referring to the data presented in the chart regarding the skills that young graduates lacked most after graduation, around 30% of respondents identified practical professional skills, 16.8% identified professional communication, 10% identified teamwork, 22% identified critical thinking and problem-solving, and 15.2% identified technological skills.

Chart 7: Willingness to Attend Training or Internships After Graduation

Willingness to Attend Training or Internships After Graduation



Source: Radonshiqi. R & Radonshiqi. B (2026)

According to the questionnaire data, after graduation, 58% of young people attend training programmes, professional practices, or internships in order to better prepare themselves for the demands of the labour market.

Conclusions and Recommendations

- Universities, as educational institutions, should recognise that the knowledge they provide does not fully prepare young graduates for the labour market, as they often lack the practical skills needed to become complete, competent, and ready professionals.
- In Albania, brain drain has also occurred as a result of young people being unable to find employment opportunities. This is partly because they lack practical skills, while the absence of work experience makes it difficult for them to find a job that matches their field of study.
- The lack of cooperation between industry and universities has resulted in university curricula that do not fully meet the needs of the labour market and are often outdated and insufficiently updated.
- Universities and industry should cooperate closely, as only through this collaboration can the gap between higher education and the labour market be reduced. Study programmes should be continuously reviewed and updated with the contribution of both universities and industry, so that academic knowledge is complemented by the practical and professional skills required by the labour market.
- Universities should develop students' soft skills and integrate case studies, simulations, and research projects into their study programmes in order to foster critical thinking

and prepare young people with practical skills. Furthermore, after graduation, young people should attend training programmes and internships to strengthen their competencies and become better prepared for the needs of the labour market.

References

- Eimer, A., & Bohndick, C. (2023). Employability models for higher education: A systematic literature review and analysis. *Social Sciences & Humanities Open*, 8, 100588. DOI: 10.1016/j.ssaho.2023.100588.
- Lu, L., Mustakim, S. S., & Muhamad, M. M. (2025). A meta-analysis of the effectiveness of problem-based learning on critical thinking. *European Journal of Educational Research*, 14(3), 789–804. doi:10.12973/eu-jer.14.3.789
- National Association of Colleges and Employers. (2024). *Competencies for a career-ready workforce*. NACE.
- OECD. (2024). *Western Balkans Competitiveness Outlook 2024: Albania*. OECD Publishing.
- Tomlinson, M. (2012). Graduate employability: A review of conceptual and empirical themes. *Higher Education Policy*, 25(4), 407–431. DOI: 10.1057/hep.2011.26
- World Bank. (2018). *Demand for skills in Albania: An analysis of the Skills Towards Employment and Productivity Survey*. World Bank.

ORAL MICROBIOTA DYSBIOSIS AS A CONVERGENT MECHANISM IN NEURODEGENERATIVE DISORDERS: FOCUS ON ALZHEIMER'S DISEASE, PARKINSON'S DISEASE WITH LEWY BODIES, AND DEMENTIA

Maria Ciubotaru¹, Alin Stelian Ciobica^{2,3}

¹ PhD Candidate, Faculty of Biology, "Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Romania

² Scientific Researcher, "Ioan Haulica" Institute, "Apollonia" University, Iasi, Romania

³ Prof., PhD, "Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Romania

Corresponding author: mariaciubotaru43@yahoo.com

Abstract

Neurodegenerative diseases, including Alzheimer's disease, Parkinson's disease with Lewy bodies, and other forms of dementia, are characterized by progressive neuronal loss and cognitive decline. Emerging evidence suggests that chronic systemic inflammation and microbial dysbiosis play a significant role in their pathogenesis. The oral microbiota represents a dynamic microbial community with the potential to influence systemic and neurological health. Oral dysbiosis, particularly in the context of periodontal disease, has been associated with increased inflammatory burden, bacterial translocation, and neuroinflammatory processes. Key periodontal pathogens such as *Porphyromonas gingivalis* have been identified in brain tissues and are implicated in amyloid-beta aggregation and neurodegeneration. This study explores the mechanistic pathways linking oral microbiota dysbiosis to neurodegenerative disorders, highlighting shared inflammatory and molecular pathways across Alzheimer's disease and Lewy body dementia. Understanding these interactions may provide novel insights into early diagnosis, prevention, and therapeutic strategies targeting oral health.

Keywords: *Oral microbiome; Neuroinflammation; Alzheimer's disease; Parkinson's disease; Lewy body dementia*

1. INTRODUCTION

A biofilm is a community of microorganisms that can be formed by single or multiple species, characterized by a surrounding extracellular matrix [1,2]. This matrix enhances the biofilm's resilience against environmental threats and antibiotics, as it traps nutrients and facilitates interactions among species [3,4]. While some biofilms contribute positively to human health, such as aiding in nutrient absorption and preventing harmful microbial colonization, many pose significant health risks due to their antibiotic resistance [5-8].

Neurodegenerative diseases represent a major global health burden, with Alzheimer's disease (AD) and Parkinson's disease (PD) being the most prevalent causes of dementia worldwide. These disorders share common pathological features, including protein aggregation, neuroinflammation, and progressive neuronal dysfunction [9].

While the gut–brain axis has been extensively studied, the oral cavity has emerged as an equally important microbial reservoir influencing systemic inflammation and brain health. Disruption of the oral microbiota may lead to chronic inflammation and enable the spread of infections and their harmful byproducts into systemic circulation [10]. This study aims to explore the role of oral microbiota dysbiosis as a convergent mechanism underlying multiple neurodegenerative conditions, including AD and Parkinson’s disease with Lewy bodies dementia (PD/LBD).

2. PHYSIOLOGY OF THE ORAL MICROBIOTA

The human oral cavity provides an ideal environment for a diverse microbiota, consisting of approximately 500 to 700 bacterial species [11,12]. Key bacterial genera associated with oral health includes *Gemella*, *Granulicatella*, *Streptococcus*, and *Veillonella*, which are consistently identified in healthy individuals [1]. Among these, *Streptococcus* species, particularly members of the *mitis* group, are early colonizers and play a central role in the formation of dental plaque biofilms [13,14].

While these biofilms contribute to oral homeostasis by preventing colonization by pathogenic microorganisms, disturbances in microbial balance (oral dysbiosis) can lead to the overgrowth of harmful species, resulting in diseases such as periodontitis and dental caries [15,16]. The presence of pathogenic bacteria within a disrupted biofilm is a key factor in the development of oral infections and inflammatory conditions [16].

In addition to local effects, the oral microbiota has been increasingly associated with systemic diseases, including cardiovascular disorders and cancer, through mechanisms involving chronic inflammation and microbial translocation [17,18]. The oral cavity hosts not only bacteria but also viruses, and fungi, all of which contribute to a complex and dynamic microbial ecosystem whose composition varies according to oral health status [18]. Furthermore, the oral microbiome is influenced by multiple factors, including diet, environmental exposures, lifestyle, and host genetics, emphasizing its important role in maintaining overall systemic health [15,18].

3. ORAL DYSBIOSIS AND PERIODONTAL DISEASE

Periodontal disease is a chronic inflammatory condition characterized by the destruction of supporting structures of the teeth. It is driven by a shift toward anaerobic, Gram-negative bacteria, including *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Tannerella forsythia* [19].

These pathogens produce virulence factors such as lipopolysaccharides (LPS) and proteolytic enzymes, which induce local and systemic inflammation. Persistent periodontal inflammation results in elevated levels of pro-inflammatory cytokines, including interleukin-1 beta (IL-1 β), interleukin-6 (IL-6), and tumor necrosis factor alpha (TNF- α) [20]. This chronic low-grade inflammation is considered a key link between oral health and systemic diseases, including cardiovascular and neurodegenerative disorders [17,18].

Porphyromonas gingivalis is considered a keystone pathogen that can modulate the host immune system even at low abundance, thereby promoting an environment conducive to disease progression [21]. These bacteria produce a wide range of virulence factors, including LPS, proteases such as gingipains, and other endotoxins that directly damage host tissues and trigger immune activation [16,21]. The interaction between microbial virulence factors and the host immune system leads to the activation of innate and adaptive immune responses, resulting in the release of pro-inflammatory mediators. Persistent periodontal inflammation is associated with elevated levels of cytokines such as IL-1 β , IL-6, and TNF- α , as well as matrix metalloproteinases (MMPs), which contribute to connective tissue degradation and bone resorption [16,20].

Importantly, periodontal disease is not limited to local oral effects. The chronic inflammatory state associated with periodontal dysbiosis can lead to systemic dissemination of inflammatory mediators and microbial components, such as LPS, into the bloodstream [20,22]. Thus, oral dysbiosis and periodontal inflammation represent a critical interface between oral and systemic health, highlighting the importance of maintaining microbial balance within the oral cavity to prevent both local and systemic disease progression.

4. MECHANISMS LINKING ORAL MICROBIOTA TO NEURODEGENERATION

Oral microbiota, particularly in the context of dysbiosis and periodontal disease, plays an increasingly recognized role in the pathophysiology of neurodegenerative disorders through multiple interconnected biological mechanisms. One of the central pathways involves systemic inflammation, whereby chronic oral infections lead to the sustained release of pro-inflammatory cytokines and bacterial components into the bloodstream. These circulating mediators, including interleukins (IL-1 β , IL-6) and TNF- α , are capable of reaching the central nervous system (CNS) and activating microglial cells, the resident immune cells of the brain, thereby initiating and perpetuating neuroinflammatory responses [19]. This chronic neuroinflammation is considered a critical factor in the progression of neurodegenerative diseases such as AD and PD.

In parallel, bacterial translocation represents another key mechanism linking oral health to brain pathology. Routine daily activities, including mastication, tooth brushing, and dental procedures, can induce transient bacteremia, allowing oral microorganisms and their products to enter systemic circulation [23].

The integrity of the blood–brain barrier (BBB) is another crucial factor in this pathological cascade. Chronic systemic inflammation associated with periodontal disease has been shown to compromise BBB function, increasing its permeability [24]. This altered barrier facilitates the passage of circulating endotoxins, including LPS, as well as inflammatory mediators into the brain parenchyma. The presence of these substances within the CNS further amplifies microglial activation and propagates a cycle of neuroinflammation and neuronal injury.

Finally, the interplay between neuroinflammation and oxidative stress plays a decisive role in neuronal degeneration. Activated microglia produce not only cytokines but also reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species, which contribute to oxidative damage of neurons and synaptic structures [25]. This persistent oxidative stress disrupts cellular homeostasis, impairs mitochondrial function, and accelerates neurodegenerative processes. Together, these mechanisms highlight a complex pathogenic axis, often referred to as the oral–brain axis, through which oral microbiota can influence brain health and contribute to the onset and progression of neurodegenerative diseases.

5. ORAL MICROBIOTA IN ALZHEIMER’S DISEASE AND DEMENTIA

AD is a progressive neurodegenerative disorder characterized by the accumulation of extracellular amyloid-beta plaques and intracellular neurofibrillary tangles composed of hyperphosphorylated tau protein. Increasing evidence suggests that, beyond classical genetic and metabolic factors, chronic infections and microbial dysbiosis, particularly originating from the oral cavity, may contribute to the initiation and progression of this pathology. In this context, recent studies have identified oral pathogens, within the brains of patients diagnosed with AD, supporting the hypothesis that periodontal infections may play a direct role in neurodegeneration [25].

A critical aspect of this association lies in the virulence factors produced by *P. gingivalis*, especially gingipains, which are cysteine proteases with strong proteolytic activity. These enzymes have been shown to contribute to multiple pathological mechanisms relevant to AD, including the promotion of amyloid-beta production, either as part of an antimicrobial response or through direct modulation of host pathways. Additionally, gingipains can induce

neuronal toxicity by degrading essential structural and functional proteins, thereby compromising neuronal integrity. They have also been implicated in tau pathology, as they may enhance tau phosphorylation and aggregation, further accelerating neurodegenerative processes [25].

Moreover, epidemiological studies have consistently demonstrated a significant association between periodontal disease and an increased risk of cognitive decline and dementia. Individuals with chronic periodontitis exhibit higher levels of systemic inflammation, which is believed to influence brain health over time. This relationship appears to be bidirectional, as cognitive impairment may also lead to poorer oral hygiene and worsening periodontal status, further exacerbating microbial dysbiosis and systemic inflammatory burden [26].

6. ORAL MICROBIOTA IN PARKINSON'S DISEASE WITH LEWY BODY

PD/LBD belong to a group of neurodegenerative diseases known as synucleinopathies, characterized by the accumulation of misfolded alpha-synuclein aggregates within neurons. These protein inclusions disrupt neuronal signaling and contribute to progressive motor and cognitive decline. Although the precise etiology remains incompletely understood, increasing evidence suggests that peripheral inflammation plays a pivotal role in disease initiation and progression, acting as a trigger for neuroinflammatory cascades that facilitate alpha-synuclein misfolding and aggregation [27].

In this context, oral dysbiosis has emerged as a potential contributor to systemic inflammatory activation. Chronic periodontal infections, driven by pathogenic oral microbiota, lead to the sustained release of pro-inflammatory cytokines and bacterial products into the circulation. This persistent inflammatory state can influence the CNS by promoting microglial activation, thereby amplifying neuroinflammation. Importantly, inflammatory mediators such as IL-6 and TNF- α have been implicated in enhancing alpha-synuclein aggregation and facilitating its pathological spread across neuronal networks. This supports the concept that peripheral inflammation originating from the oral cavity may contribute to the propagation of neurodegenerative processes [28].

Patients with PD frequently present with impaired oral hygiene due to motor dysfunction, including tremor, rigidity, and reduced manual dexterity, which compromise their ability to perform adequate dental care. Consequently, these patients are at increased risk of plaque accumulation, gingivitis, and periodontitis, all of which contribute to further disruption of the oral microbiome. In addition, non-motor symptoms such as xerostomia, dysphagia, and

altered dietary patterns may favor the growth of pathogenic bacteria, reinforcing microbial imbalance. This establishes a vicious cycle in which oral dysbiosis and neurodegeneration mutually reinforce each other [30].

Collectively, these findings highlight the importance of the oral–systemic–brain axis in PD/LBD, suggesting that the oral microbiota may act as an active modulator of neuroinflammatory and neurodegenerative processes. Addressing oral health and restoring microbial balance may therefore represent a promising adjunctive strategy in the management and prevention of synucleinopathies.

7. FUTURE DIRECTIONS

Future research should focus on longitudinal and large-scale cohort studies to better establish causal relationships between oral microbiota dysbiosis and neurodegenerative diseases, as current evidence remains largely associative [22].

Advances in microbiome profiling using next-generation sequencing and multi-omics approaches, including metagenomics, metabolomics, and transcriptomics, are expected to provide deeper insights into the functional role of oral microbial communities in disease pathogenesis [21,30].

Another promising area involves the discovery and validation of salivary biomarkers, including inflammatory cytokines, microbial metabolites, and pathogen-derived molecules, which could serve as non-invasive tools for early diagnosis and disease monitoring [31].

Furthermore, the development of targeted therapeutic strategies aimed at modulating the oral microbiota represents an emerging field of interest, including antimicrobial approaches, probiotics, and microbiome-based interventions designed to restore microbial homeostasis and reduce systemic inflammation [21,22].

Ultimately, understanding individual microbial profiles and host–microbiome interactions may open new avenues in personalized medicine, enabling tailored preventive and therapeutic strategies in neurodegenerative diseases [30,32].

8. CONCLUSIONS

Oral microbiota dysbiosis represents a significant and potentially modifiable factor in the pathogenesis of neurodegenerative disorders. Through its ability to induce systemic inflammation, facilitate pathogen dissemination, and promote neuroinflammatory responses, the oral microbiome may play a crucial role in the development of AD, and PD/LBD.

Preventive strategies aimed at maintaining microbial homeostasis, early identification of dysbiosis through salivary biomarkers, and interventions designed to reduce periodontal

inflammation may collectively contribute to lowering systemic inflammatory load and mitigating neurodegenerative processes. Integrating oral health into comprehensive patient care may therefore not only improve quality of life but also offer a novel and practical approach to slowing disease progression and optimizing long-term clinical outcomes in patients with neurodegenerative disorders.

References

1. Zhao A, Sun J, Liu Y. Understanding bacterial biofilms: From definition to treatment strategies. *Front Cell Infect Microbiol*. 2023 Apr 6;13:1137947. doi: 10.3389/fcimb.2023.1137947.
2. Sharma S, Mohler J, Mahajan SD, Schwartz SA, Bruggemann L, Aalinkeel R. Microbial Biofilm: A Review on Formation, Infection, Antibiotic Resistance, Control Measures, and Innovative Treatment. *Microorganisms*. 2023 Jun 19;11(6):1614. doi: 10.3390/microorganisms11061614.
3. Flemming HC, Wingender J. The biofilm matrix. *Nat Rev Microbiol*. 2010 Sep;8(9):623-33. doi: 10.1038/nrmicro2415.
4. Singh B, Dahiya M, Kumar V, Ayyagari A, Chaudhari DN, Ahire JJ. Biofilm and antimicrobial resistance: Mechanisms, implications, and emerging solutions. *Microbiol Res*. 2025;16(8):183.
5. Luo Y, Yang Q, Zhang D, Yan W. Mechanisms and Control Strategies of Antibiotic Resistance in Pathological Biofilms. *J Microbiol Biotechnol*. 2021 Jan 28;31(1):1-7. doi: 10.4014/jmb.2010.10021.
6. Chen Y, Kolodkin-Gal I. Host-Biofilm Interactions. *Microorganisms*. 2022 Aug 13;10(8):1641. doi: 10.3390/microorganisms10081641.
7. Perry EK, Tan MW. Bacterial biofilms in the human body: prevalence and impacts on health and disease. *Front Cell Infect Microbiol*. 2023 Aug 30;13:1237164. doi: 10.3389/fcimb.2023.1237164.
8. Garnett JA, Matthews S. Interactions in bacterial biofilm development: a structural perspective. *Curr Protein Pept Sci*. 2012 Dec;13(8):739-55. doi: 10.2174/138920312804871166.
9. DeTure MA, Dickson DW. The neuropathological diagnosis of Alzheimer's disease. *Mol Neurodegener*. 2019 Aug 2;14(1):32. doi: 10.1186/s13024-019-0333-5.
10. Kamer AR, Pirraglia E, Tsui W, Rusinek H, Vallabhajosula S, Mosconi L, Yi L, McHugh P, Craig RG, Svetcov S, Linker R, Shi C, Glodzik L, Williams S, Corby P, Saxena D, de Leon MJ. Periodontal disease associates with higher brain amyloid load in normal elderly. *Neurobiol Aging*. 2015 Feb;36(2):627-33. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2014.10.038.
11. Aas JA, Paster BJ, Stokes LN, Olsen I, Dewhirst FE. Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *J Clin Microbiol*. 2005 Nov;43(11):5721-32. doi: 10.1128/JCM.43.11.5721-5732.2005.
12. Wu YC, Chen BY, Duan SZ. Oral microbiota in cardiovascular health and disease. *Front Cell Infect Microbiol*. 2026 Jan 2;15:1731845. doi: 10.3389/fcimb.2025.1731845.
13. Bloch S, Hager-Mair FF, Andrukhov O, Schäffer C. Oral streptococci: modulators of health and disease. *Front Cell Infect Microbiol*. 2024 Feb 22;14:1357631. doi: 10.3389/fcimb.2024.1357631.
14. Velsko IM, Warinner C. Streptococcus abundance and oral site tropism in humans and non-human primates reflects host and lifestyle differences. *NPJ Biofilms Microbiomes*. 2025 Jan 17;11(1):19. doi: 10.1038/s41522-024-00642-1.
15. Li X, Liu Y, Yang X, Li C, Song Z. The Oral Microbiota: Community Composition, Influencing Factors, Pathogenesis, and Interventions. *Front Microbiol*. 2022 Apr 29;13:895537. doi: 10.3389/fmicb.2022.895537.

16. Bostanghadiri N, Kouhzad M, Taki E, Elahi Z, Khoshbayan A, Navidifar T, Darban-Sarokhalil D. Oral microbiota and metabolites: key players in oral health and disorder, and microbiota-based therapies. *Front Microbiol.* 2024 Aug 20;15:1431785. doi: 10.3389/fmicb.2024.1431785.
17. Giordano-Kelhoffer B, Lorca C, March Llanes J, Rábano A, Del Ser T, Serra A, Gallart-Palau X. Oral Microbiota, Its Equilibrium and Implications in the Pathophysiology of Human Diseases: A Systematic Review. *Biomedicines.* 2022 Jul 27;10(8):1803. doi: 10.3390/biomedicines10081803.
18. Rajasekaran JJ, Krishnamurthy HK, Bosco J, Jayaraman V, Krishna K, Wang T, Bei K. Oral Microbiome: A Review of Its Impact on Oral and Systemic Health. *Microorganisms.* 2024 Aug 29;12(9):1797. doi: 10.3390/microorganisms12091797.
19. Hajishengallis G. Periodontitis: from microbial immune subversion to systemic inflammation. *Nat Rev Immunol.* 2015 Jan;15(1):30-44. doi: 10.1038/nri3785.
20. Arigbede AO, Babatope BO, Bamidele MK. Periodontitis and systemic diseases: A literature review. *J Indian Soc Periodontol.* 2012 Oct;16(4):487-91. doi: 10.4103/0972-124X.106878.
21. Lamont RJ, Koo H, Hajishengallis G. The oral microbiota: dynamic communities and host interactions. *Nat Rev Microbiol.* 2018 Dec;16(12):745-759. doi: 10.1038/s41579-018-0089-x.
22. Pisano M, Giordano F, Sangiovanni G, Capuano N, Acerra A, D'Ambrosio F. The interaction between the oral microbiome and systemic diseases: a narrative review. *Microbiol Res.* 2023;14(4):1862–1878.
23. Wu Z, Zhang Y, Wang L, Yi Y, Dai B, Chen H, Yang F. Periodontitis and systemic diseases: insights into the correlation, mechanisms, and clinical implications. *Front Immunol.* 2026 Mar 11;17:1777955. doi: 10.3389/fimmu.2026.1777955.
24. Singhrao SK, Harding A, Poole S, Kesavalu L, Crean S. *Porphyromonas gingivalis* Periodontal Infection and Its Putative Links with Alzheimer's Disease. *Mediators Inflamm.* 2015;2015:137357. doi: 10.1155/2015/137357.
25. Dominy SS, Lynch C, Ermini F, Benedyk M, Marczyk A, Konradi A, Nguyen M, Haditsch U, Raha D, Griffin C, Holsinger LJ, Arastu-Kapur S, Kaba S, Lee A, Ryder MI, Potempa B, Mydel P, Hellvard A, Adamowicz K, Hasturk H, Walker GD, Reynolds EC, Faull RLM, Curtis MA, Dragunow M, Potempa J. *Porphyromonas gingivalis* in Alzheimer's disease brains: Evidence for disease causation and treatment with small-molecule inhibitors. *Sci Adv.* 2019 Jan 23;5(1):eaau3333. doi: 10.1126/sciadv.aau3333.
26. Kamer AR, Craig RG, Dasanayake AP, Brys M, Glodzik-Sobanska L, de Leon MJ. Inflammation and Alzheimer's disease: possible role of periodontal diseases. *Alzheimers Dement.* 2008 Jul;4(4):242-50. doi: 10.1016/j.jalz.2007.08.004.
27. Houser MC, Tansey MG. The gut-brain axis: is intestinal inflammation a silent driver of Parkinson's disease pathogenesis? *NPJ Parkinsons Dis.* 2017 Jan 11;3:3. doi: 10.1038/s41531-016-0002-0.
28. Nicholson JS, Landry KS. Oral Dysbiosis and Neurodegenerative Diseases: Correlations and Potential Causations. *Microorganisms.* 2022 Jun 30;10(7):1326. doi: 10.3390/microorganisms10071326.
29. Müller T, Palluch R, Jackowski J. Caries and periodontal disease in patients with Parkinson's disease. *Spec Care Dentist.* 2011 Sep-Oct;31(5):178-81. doi: 10.1111/j.1754-4505.2011.00205.x.
30. Integrative HMP (iHMP) Research Network Consortium. The Integrative Human Microbiome Project. *Nature.* 2019 May;569(7758):641-648. doi: 10.1038/s41586-019-1238-8.
31. Zhang CZ, Cheng XQ, Li JY, Zhang P, Yi P, Xu X, Zhou XD. Saliva in the diagnosis of diseases. *Int J Oral Sci.* 2016 Sep 29;8(3):133-7. doi: 10.1038/ijos.2016.38.
32. Human Microbiome Project Consortium. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature.* 2012 Jun 13;486(7402):207-14. doi: 10.1038/nature11234.

GREEN SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND IN VITRO ANTI- INFLAMMATORY ACTIVITY OF IRON OXIDE NANOPARTICLES USING *CROTON SPARSIFLORUS* LEAF EXTRACT

Dr .Vardhana Janakiraman*, Vivega T , Dhivakar R, Ashwini N, R Jayasree

*Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Vels Institute of Science Technology and
Advanced Studies, Pallavaram, Chennai, Tamilnadu, India*

Abstract

Green synthesis of iron oxide nanoparticles (IONPs) using plant extracts has emerged as an environmentally friendly and sustainable alternative to conventional physical and chemical synthesis methods. Plant-mediated synthesis utilizes naturally occurring phytochemicals as reducing and stabilizing agents, eliminating the need for toxic chemicals while enhancing the biocompatibility of the synthesized nanoparticles. *Croton sparsiflorus*, a medicinal plant rich in bioactive phytoconstituents, has attracted interest due to its potential applications in nanobiotechnology and biomedicine. The present study aimed to synthesize iron oxide nanoparticles using the aqueous leaf extract of *Croton sparsiflorus* through a green synthesis approach and to characterize the synthesized nanoparticles using various analytical techniques. The nanoparticles were synthesized by reacting the aqueous leaf extract with ferric chloride solution under controlled conditions. The synthesized nanoparticles were characterized using UV–Visible spectroscopy, Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), Dynamic Light Scattering (DLS), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and X-ray Diffraction (XRD). In addition, the in vitro anti-inflammatory activity of the synthesized nanoparticles was assessed using the bovine serum albumin protein denaturation assay. The study provides valuable insights into the use of *C. sparsiflorus* as a biological reducing and stabilizing agent for the eco-friendly synthesis of iron oxide nanoparticles and highlights their potential for future pharmaceutical, biomedical, and nanobiotechnological applications.

Keywords

Croton sparsiflorus; Iron oxide nanoparticles; Green synthesis; Characterization; Anti-inflammatory activity; Nanobiotechnology.

THE IMPACT OF STUDENTIFICATION ON RESIDENTIAL PROPERTY RENTAL VALUES AROUND TERTIARY INSTITUTIONS IN NIGERIA: EVIDENCE FROM THE FEDERAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, MINNA, NIGERIA

Ilori Temitope Ayobami¹, Sule Abbas Iyanda²

¹Department of Estate Management and Valuation, Federal University of Technology, Minna, Niger State.

²Department of Estate Management and Valuation, Federal University of Technology, Minna, Niger State.

Abstract

The rapid growth of tertiary education in Nigeria has increased the demand for student accommodation, resulting in the emergence of studentification as a key element of neighbourhood change around higher education institutions. Studentification has increasingly affected residential property markets through increased demand for private rental accommodation, changes to land-use and rental values in host communities with universities. This study is a systematic review of the literature on the impact of studentification on the rental values of residential property, with specific focus on Federal University of Technology, Minna, Nigeria. A systematic literature review was performed, consisting of identification, screening, selection and thematic synthesis of peer-reviewed journal articles, conference proceedings, books, government publications and institutional reports published from 2002 to 2025. The review observes that rising student numbers, limited on-campus accommodation and persistent demand for off-campus accommodation have been a major driver of the appreciation of rental values in communities surrounding tertiary institutions. In addition, factors such as proximity to campus, accessibility, quality of infrastructure, security of the neighbourhood, availability of housing and general economic conditions work together with studentification to affect residential rental values. Studentification has driven property investment, commercial development and local economic activity, but also worsened housing affordability, overcrowding, infrastructure pressure and the displacement of longstanding residents. The study concludes that studentification is a major driver of residential rental value dynamics around tertiary institutions in Nigeria, but its effects are shaped by broader housing market and urban development processes. It calls for the need to increase investment in purpose-built student accommodation through public-private partnerships, enhanced urban planning regulations and improved housing policies to promote sustainable university–community development.

Keywords: Residential Property; Rental Values; Student Housing; Studentification; University Communities; Housing Market; Federal University of Technology, Minna; Nigeria

BEYOND THE DIGITAL LIBRARY: RE-EVALUATING INDIA'S DEFENSIVE STRATEGY AGAINST BIOPIRACY IN THE AGE OF GENOMIC BIOPROSPECTING

1. Shourya Gupta

Fifth Year Student, BBA-LL.B (Hons)
Bennett University (The Times Group)
Email: shouryagupta0880@gmail.com
ORCID iD: 0009-0009-2555-2745

2. Dhanvi Choubey

Fifth Year Student, BA-LL.B (Hons)
Bennett University (The Times Group)
Email: dhanvichoubey53@gmail.com
ORCID iD: 0009-0000-8730-7107

3. Yash Modi

Fifth Year Student, BBA-LL.B (Hons)
Bennett University (The Times Group)
Email: modiraghav25@gmail.com
ORCID iD: 0009-0000-2932-4322

ABSTRACT

India's principal response to biopiracy, the Traditional Knowledge Digital Library (TKDL), was conceived as a defensive shield. By codifying traditional knowledge and making it searchable, patent examiners worldwide could reject claims lacking novelty before grant. The neem, turmeric and basmati disputes, often cited as the library's founding justifications, demonstrate its success at this narrow task. This paper argues that the model's defensive logic, while effective against the bioprospecting practices of the 1990s and 2000s, is poorly equipped for the genomic and artificial-intelligence-assisted bioprospecting methods now reshaping biological resource extraction.

Through doctrinal and comparative legal analysis, three structural limitations are examined. First, the library operates on a documentation-then-defend logic that addresses misappropriation only after a patent application is filed, leaving prior, undocumented exploitation of biological resources and associated knowledge outside its reach. Second, the digitisation of traditional knowledge, while preventing wrongful patents, does nothing to secure access and benefit-sharing for the communities whose knowledge is catalogued, a gap that the Biological Diversity Act's prior-consent mechanism has struggled to close in practice. Third, contemporary bioprospecting increasingly proceeds through genetic sequence data and computational screening rather than visible biological material, a mode of extraction that existing consent and disclosure requirements were not designed to track.

Drawing on India's Biological Diversity Act, 2002, the Nagoya Protocol and comparative frameworks including the Andean Community's sui generis model and recent international developments on Digital Sequence Information, this paper proposes a shift from a purely

defensive, documentation-based model toward an access-and-benefit-sharing architecture, with disclosure-of-origin requirements extended explicitly to sequence-derived and digitally screened genetic information. The central claim is that protecting traditional knowledge from misappropriation and ensuring that its holders share in the resulting value are distinct legal problems, and that India's current framework addresses only the first.

Keywords: *Biopiracy; Traditional Knowledge Digital Library; Access and Benefit Sharing; Nagoya Protocol; Genomic Bioprospecting; Biological Diversity Act; Digital Sequence Information.*

INTRODUCTION

Biopiracy describes the acquisition of intellectual property rights, usually patents, over biological resources or the traditional knowledge associated with them, without the authorisation of, or benefit to, the communities and countries from which they originate. For India the term is not abstract. Three disputes in the 1990s gave it concrete shape. In 1995 the United States Patent and Trademark Office granted the University of Mississippi Medical Center a patent on the use of turmeric for wound healing, a use recorded in Indian medical practice for centuries; the Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) sought re-examination, and the patent was revoked in 1997 (United States Patent No. 5,401,504). A European patent on a fungicidal method using neem oil, granted to W. R. Grace and the United States Department of Agriculture, was revoked by the European Patent Office in 2000 and the revocation upheld on appeal in 2005 (European Patent No. 0436257). A patent granted to RiceTec on basmati rice lines drew a sustained Indian challenge, and most of its claims were struck down in 2001 (United States Patent No. 5,663,484).

These episodes shared a pattern. Knowledge long held in India had been claimed as novel invention abroad, and the correction required expensive, after-the-fact proceedings in foreign forums. The policy lesson drawn from them was that the knowledge had to be documented in a form patent examiners could find and read, so that novelty could be denied at the examination stage rather than contested after grant. The Traditional Knowledge Digital Library, established in 2001 by CSIR and the Ministry of AYUSH, was the institutional expression of that lesson. It transcribes formulations and practices from Ayurveda, Unani, Siddha, Sowa Rigpa and Yoga into a structured database available in several languages, and makes them accessible to patent offices as searchable prior art (CSIR, n.d.).

By its own measure the library has worked. Access has been extended to seventeen patent offices under non-disclosure agreements, and by 2022 more than two hundred and sixty patent

applications had been withdrawn, amended or set aside on the strength of TKDL evidence (CSIR, n.d.). The model has been treated internationally as a benchmark for defensive protection, and the World Intellectual Property Organization Treaty on Intellectual Property, Genetic Resources and Associated Traditional Knowledge, adopted in 2024, recommends the kind of information system that the library pioneered.

This paper does not dispute that record. It argues that the record answers a question narrower than the one India now faces. The library was built to defeat wrongful patents on documented knowledge, and it does so. It was not built to secure benefit-sharing for the communities whose knowledge it catalogues, and it does not do so. Nor was it built for a mode of bioprospecting that works through genetic sequence data and computational screening rather than through visible plant material and observable traditional use. As extraction shifts onto that terrain, a documentation-and-defend strategy is asked to carry weight it was never designed to bear.

Three limitations follow, and the paper takes them in turn. First, the library operates on a documentation-then-defend logic that engages only once a patent application has been filed, and reaches only the portion of knowledge codified in the texts it draws on. Second, defeating a patent secures a negative right, that no one else may hold the knowledge, but it does not secure the positive entitlement that access-and-benefit-sharing law promises, namely a share in the value derived from the resource. Third, genomic and digitally assisted bioprospecting detaches value from the physical access events on which India's consent and disclosure rules are built. Having set out these limitations, the paper turns to comparative and emerging responses, including the Andean disclosure regime, the Nagoya Protocol, the multilateral mechanism for Digital Sequence Information agreed under the Convention on Biological Diversity, and the 2024 WIPO treaty, and proposes a reorientation of India's framework from defensive documentation toward an access-and-benefit-sharing architecture in which disclosure-of-origin extends to sequence-derived information.

RESEARCH AND FINDINGS

The logic and the limits of defensive documentation

The library rests on a simple and, on its own terms, sound premise. A patent may be granted only for an invention that is new and not obvious. Traditional knowledge that is already known cannot meet the novelty requirement if the examiner is able to find it. The library removes the examiner's excuse of ignorance by placing documented Indian medical knowledge in front of patent offices in a form they can search. Where it is cited, the application fails or is amended,

and the CSIR unit itself files third-party observations and pre-grant oppositions using the same evidence.

Two features of this design set its outer boundary. The first is that it is reactive. The library does nothing until an application is filed; its unit of action is the patent claim, not the act of extraction. A firm that collects a plant, studies it and derives a product without seeking a patent, or that frames a patent so as not to trip the prior-art search, never encounters the library at all. The defensive shield is raised only when an opponent presents himself at the patent office, and much of what troubles biodiversity-rich states, the taking of the resource and the knowledge in the first place, happens before any such moment and often leaves no trace in a patent register. The second boundary is one of coverage. The library transcribes knowledge codified in a defined set of classical texts. Knowledge that is oral, held within a particular community, or otherwise outside those texts is by construction absent from the database, and so cannot be produced as prior art. India's living traditional knowledge is far larger than its codified medical canon, and the portion most vulnerable to quiet appropriation, the undocumented practices of specific communities, is precisely the portion the library cannot reach. Documentation protects what has been documented and leaves the rest where it was.

Documentation is not benefit-sharing

Even where the library works perfectly, it delivers a particular and limited good. When a wrongful patent is refused, the community whose knowledge was at issue is protected from exclusion, since no one may now fence that knowledge off against them. What the community does not receive is any share in the commercial value the knowledge may generate. Preventing a wrongful patent and securing benefit-sharing are different objectives, and the library was built for the first.

The instrument meant to deliver the second is the Biological Diversity Act, 2002, enacted to give domestic effect to the Convention on Biological Diversity and, later, the Nagoya Protocol. The Act requires prior approval or intimation before biological resources are accessed for research or commercial use, channels applications through the National Biodiversity Authority, State Biodiversity Boards and local Biodiversity Management Committees, and provides for benefit-sharing with the persons identified as benefit claimers. On paper this is an access-and-benefit-sharing regime of the kind the Nagoya Protocol contemplates.

In practice the benefit-sharing limb has underperformed. An investigation reported in 2022 found that most Indian states held no usable data on the sums collected as access and benefit-sharing, and that none of the states examined had disbursed collected money to the benefit

claimers in whose name it was gathered (Mongabay-India, 2023). The machinery for capturing value existed; the value did not reach the communities.

The Biological Diversity (Amendment) Act, 2023, which took effect in April 2024, moved the framework further from that goal rather than toward it. The amendment was presented as a measure to ease compliance for domestic industry and the AYUSH sector. It decriminalised contraventions, replacing criminal liability with monetary penalties; it removed the requirement of National Biodiversity Authority approval before an intellectual-property application, substituting registration before grant and approval before commercialisation; and it narrowed benefit-sharing obligations, including by relieving users of codified traditional knowledge and registered AYUSH practitioners of certain sharing duties and by removing the benefit-sharing obligation attached to some bio-survey and bio-utilisation (Mishra, 2025; Lexology, 2023). Each change can be defended as a response to genuine friction in the earlier regime. Their combined effect, however, is to reduce the points at which value passing through the system is captured for the communities the Act names as beneficiaries. A framework already weak at benefit-sharing was made lighter still at the benefit-sharing end.

The consequence for the argument of this paper is direct. India's defensive tool, the library, never addressed benefit-sharing. Its benefit-sharing tool, the Biological Diversity Act, addresses it poorly and, after 2023, addresses it less. The protective and the distributive functions have been assigned to separate instruments, and the distributive one has not delivered.

Genomic and digital bioprospecting outrun the existing triggers

The two limitations set out so far would matter even if bioprospecting had stood still. It has not. The extraction that consent and disclosure rules were written to govern involved the physical collection of biological material and its study; access was an event that happened in a place and could, in principle, be observed and regulated. Contemporary bioprospecting increasingly works on genetic sequence data. An organism is sequenced, the sequence is uploaded to an open database, and it is thereafter downloaded, analysed and screened computationally anywhere in the world. Value is extracted from the information, and the information has been detached from the physical resource and from the territory it came from. This mode of extraction, usually discussed under the heading of Digital Sequence Information, does not fit the triggers on which India's rules depend. The Biological Diversity Act keys its controls to access to a biological resource; the Patents Act, in Section 10(4), requires an applicant to disclose the source and geographical origin of the biological material used in an invention. Both presuppose an identifiable physical thing that was accessed at an identifiable

point. Sequence data has no such point. Once a sequence sits in a public repository, its use requires no fresh access to Indian territory, no permission from an Indian authority, and no transfer of biological material. The disclosure obligation attaches to material the applicant may never have handled, having worked only with data.

The bilateral structure of the Nagoya Protocol compounds the difficulty. That structure assumes a traceable transaction between a provider and a user, governed by prior informed consent and mutually agreed terms. Digital Sequence Information severs the trace. When a sequence has passed through a public database and been combined computationally with thousands of others, identifying which provider country's resource contributed to a given product, and enforcing a bilateral bargain against a distant user, becomes impractical. The problem is structural rather than a failure of enforcement.

Genomic and artificial-intelligence-assisted methods also press on the defensive function itself. The library defends by matching a claimed invention against documented prior art. Where a candidate molecule is arrived at by computational screening of sequence data, the claim may make no reference to any traditional use and may not correspond in any obvious way to a documented formulation, even if the underlying resource was one that Indian communities have long used. The prior-art match on which the library depends becomes harder to make, and the novelty gate, the library's single point of leverage, becomes a weaker filter. The defensive model is therefore not merely incomplete against digital bioprospecting; its central mechanism is partly disarmed by it.

Comparative and emerging responses

Other regimes have addressed the gap the library leaves by tying the grant of intellectual property to lawful access at the point of application, rather than relying on prior-art defence alone. The Andean Community offers the clearest example. Decision 391 of 1996 established a common regime on access to genetic resources built on prior informed consent, and Decision 486 of 2000 carried that regime into industrial property law. Article 26 of Decision 486 requires a patent applicant, where the invention was developed from genetic resources or associated traditional knowledge of a member country, to submit a copy of the access contract and, where relevant, the document evidencing authorisation to use the traditional knowledge. Article 75 allows a patent to be declared void at any time for failure to meet that requirement (Ruiz, 2002). Disclosure of origin is thus a condition of validity, not an optional courtesy, and non-compliance carries a real sanction. This is a *sui generis* linkage between the access regime and the patent system of a kind India's separated instruments do not create.

The international framework has begun to move in the same direction on both fronts this paper identifies. On disclosure, the World Intellectual Property Organization Treaty on Intellectual Property, Genetic Resources and Associated Traditional Knowledge, adopted in Geneva in May 2024, requires patent applicants to disclose the country of origin or source of genetic resources and the indigenous people or local community that provided associated traditional knowledge, where the claimed invention is based on either. The treaty enters into force three months after fifteen states ratify it, and Malawi and Uganda were among the first to do so (AIPPI, 2026). India, a long-standing advocate of a mandatory disclosure requirement, stands to gain from ratifying and implementing it, because a disclosure obligation operating at the point of grant addresses the reactive weakness of a purely defensive database.

On benefit-sharing for sequence data, the Convention on Biological Diversity has answered the Digital Sequence Information problem with a multilateral rather than a bilateral solution. At its fifteenth Conference of the Parties in 2022 the parties agreed in principle to establish a multilateral mechanism for sharing benefits from the use of such information (Decision 15/9). At the sixteenth Conference in Cali in 2024 they adopted the modalities and created a global fund, the Cali Fund, to give effect to it (Decision 16/2). Under the agreed indicative modalities, large commercial users of Digital Sequence Information in sectors that benefit from it are expected to contribute a share of profit or revenue to the fund, and half of the fund's resources are directed to indigenous peoples and local communities (CBD Secretariat, 2024). The design concedes what the bilateral model cannot deliver for sequence data: where a specific transaction cannot be traced, benefit-sharing is collectivised at the level of the sector and the fund and distributed to communities as a class. The European Union, which has long preferred a multilateral to a certificate-based route for this information and whose Regulation 511/2014 governs user compliance with the Nagoya Protocol within its territory, supported this direction. Taken together, these developments describe a template India's own framework has not yet assembled: a disclosure-of-origin requirement enforced at the point of patent grant, and a benefit-sharing channel for sequence-derived value that does not depend on tracing a physical access event.

Toward an access-and-benefit-sharing architecture

The reorientation this paper proposes does not discard the library. It repositions it as one defensive layer within a wider architecture whose organising principle is access and benefit-sharing rather than documentation.

Four elements follow. First, the disclosure-of-origin requirement in the Patents Act should be stated to cover genetic sequence information and inventions derived from the computational screening of such information, not only physical biological material, and the declaration required of applicants should be framed accordingly. A disclosure obligation that stops at material the applicant physically handled will not reach the dominant mode of modern bioprospecting. Second, India should align its domestic benefit-sharing rules with the multilateral mechanism and the Cali Fund, so that value extracted from sequences originating in Indian biodiversity is routed back through a channel that does not require the tracing of a single transaction. Third, the benefit-sharing carve-outs introduced in 2023 for codified traditional knowledge and AYUSH users should be revisited, at least to the extent that codified knowledge feeds commercial research and development, since exempting the very knowledge the state has spent two decades documenting removes a natural point at which value could be shared. Fourth, non-codified and community-held knowledge should be brought within reach through the People's Biodiversity Registers maintained by Biodiversity Management Committees, so that the registers serve both as defensive prior art and as the basis for identifying benefit claimers when that knowledge is used.

None of these steps requires abandoning what the library achieved. They require recognising that its achievement answered one question, and building, alongside it, the institutions that answer the other.

CONCLUSION

The Traditional Knowledge Digital Library solved a real problem and solved it well. Confronted with foreign patents on turmeric, neem and basmati, India built a database that lets patent examiners find documented traditional knowledge and refuse claims that lack novelty, and the record of applications withdrawn or set aside shows that the instrument does what it was designed to do. That success is bounded on three sides. The library acts only after an application is filed and only on knowledge that has been codified; it prevents wrongful patents but secures no share of value for the communities whose knowledge it holds; and it was built for a world in which bioprospecting meant collecting plants rather than downloading sequences.

The benefit-sharing question was always distinct from the misappropriation question, and India assigned it to a different instrument, the Biological Diversity Act. That instrument has not delivered benefit-sharing in practice, and the 2023 amendment, whatever its merits for ease of compliance, moved the framework further from the distributive goal. Meanwhile the rise of

Digital Sequence Information has begun to erode even the defensive premise on which the whole strategy rests, because value is increasingly drawn from information detached from any physical access event and often bearing no visible trace of the traditional use a prior-art search would need to find.

The comparative and international record points to the missing pieces. The Andean regime shows disclosure of origin working as a condition of patent validity. The 2024 WIPO treaty carries a mandatory disclosure requirement into the international patent system. The multilateral mechanism and the Cali Fund agreed under the Convention on Biological Diversity show how benefit-sharing for sequence data can be collectivised when it cannot be traced. India, which helped argue for several of these developments, has not yet reassembled them into its own framework.

The task is not to defend the digital library but to place it correctly, as one layer of defence inside an architecture built around access and benefit-sharing, with disclosure-of-origin extended to sequence-derived information and a benefit-sharing channel connected to the emerging multilateral mechanism. Protecting knowledge from being taken and ensuring that those who hold it share in what it produces are two problems. India has largely solved the first, for a category of knowledge and a mode of extraction that are both narrowing, and has still to build for the second.

REFERENCES

- AIPPI. (2026). WIPO treaty on intellectual property, genetic resources and associated traditional knowledge and the Patent Cooperation Treaty. <https://www.aippi.org/news/wipo-treaty-on-intellectual-property-genetic-resources-and-associated-traditional-knowledge-and-the-patent-cooperation-treaty/>
- Andean Community. (1996). Decision 391: Common regime on access to genetic resources.
- Andean Community. (2000). Decision 486: Common regime on industrial property.
- Biological Diversity Act, No. 18 of 2003 (India). (2002).
- Biological Diversity (Amendment) Act, No. 10 of 2023 (India).
- CBD Secretariat. (2024). Decision 16/2: Digital sequence information on genetic resources. Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-16/cop-16-dec-02-en.pdf>
- Convention on Biological Diversity. (1992). United Nations.
- Council of Scientific and Industrial Research (CSIR). (n.d.). Traditional Knowledge Digital Library Unit. <https://www.csir.res.in/en/documents/tkdl>
- European Patent No. 0436257 (Neem). (Revoked 2000; revocation upheld 2005). European Patent Office.
- Lexology. (2023). Important changes emanating from the Biological Diversity (Amendment) Act, 2023. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=fabfb5fd-598b-465f-9f9b-2f7dd4dbb498>
- Mishra, P. (2025). The Biological Diversity (Amendment) Act 2023: A gateway to sustainable access? Environmental Law Review. <https://doi.org/10.1177/14614529251328784>

- Mongabay-India. (2023). Biological Diversity Bill which facilitates commercial use of traditional resources passed in Lok Sabha. <https://india.mongabay.com/2023/07/biological-diversity-bill-which-facilitates-commercial-use-of-traditional-resources-passed-in-lok-sabha/>
- Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization. (2010). Convention on Biological Diversity.
- Patents Act, No. 39 of 1970 (India).
- Regulation (EU) No. 511/2014 of the European Parliament and of the Council. (2014). Official Journal of the European Union.
- Ruiz, M. (2002). Traditional knowledge, prior art and patents. Center for International Environmental Law.
- United States Patent No. 5,401,504 (Turmeric). (Granted 1995; revoked 1997). United States Patent and Trademark Office.
- United States Patent No. 5,663,484 (Basmati). (Granted 1997; claims struck down 2001). United States Patent and Trademark Office.
- World Intellectual Property Organization. (2024). WIPO Treaty on Intellectual Property, Genetic Resources and Associated Traditional Knowledge.

A COMPREHENSIVE REVIEW OF METAL HYDRIDE MATERIALS FOR SAFE AND EFFICIENT HYDROGEN STORAGE

Mohammed Naji

Physics Department, LPMAT Laboratory, Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University,
Casablanca, Morocco

Abstract

The global transition toward renewable energy systems is hindered by the inherent intermittency of sources such as solar and wind, requiring robust energy storage solutions to guarantee grid stability. Hydrogen has emerged as a critical energy carrier capable of driving deep decarbonization; however, its widespread commercialization is heavily restricted by the lack of safe and effective storage infrastructure. Among existing technologies, metal hydrides present a highly viable solid-state storage mechanism. By reversibly incorporating hydrogen directly into their crystal lattices, these materials transcend the limitations of conventional compressed gas and liquid storage, delivering superior volumetric hydrogen density, enhanced operational safety, and elevated storage efficiency. Additionally, the thermodynamic and kinetic properties of metal hydrides can be tailored through strategic compositional and structural alterations to meet specific application requirements. This review comprehensively assesses recent advancements in metal hydride-based hydrogen storage materials. We critically examine the underlying sorption mechanisms, primary performance metrics, persisting technical challenges, and future trajectories necessary to realize a sustainable hydrogen economy.

Keywords: Hydrogen storage, material-based storage, metal hydrides, renewable energy, energy transition, hydrogen economy.

CLINICAL VALIDATION OR EFFICACY AND SAFETY OF HERBAL COUGH FORMULA:STUDY OF HERBAL COUGH SYRUP

Ameerah Z¹, Saravanan R²

Bharath Institute of Higher Education and Research

Abstract:

Thirty patients with a history of coughing were included in an open label, uncontrolled clinical research. Following enrollment, patients received the cough medication and were observed for seven days. Using a Visual Analogue Scale with a range of 0 to 10 cm, parameters such cough intensity, frequency, chest discomfort, amount, and type were measured at screening, on days four and seven. Patients indicated the severity of their symptoms on this, and score decreases were examined to assess efficacy. Along with acceptance standards like palatability, color, odor, and consistency of the syrup, clinical and hematological safety measures were also evaluated. On the fourth day, the patient and the doctor conducted global evaluations to assess the cough syrup's acceptability and overall therapeutic response. The frequency and intensity of coughing were significantly reduced in 26 out of 30 individuals. Over time, the amount of sputum steadily dropped and its consistency thinned. A bacterial upper respiratory infection may have been the cause of the subacute to chronic cough in four non-responding patients, which lasted for around forty days and was accompanied by fever and sore throats. Nineteen patients gave palatability an exceptional rating in terms of acceptability, and the majority gave color and odor favorable ratings. The taste was deemed disagreeable by five patients. Every patient reported that the drug had a calming effect. Thirteen patients rated the medication as outstanding, thirteen as good, and four as poor for the overall evaluation. Eighteen cases were graded as excellent, eight as good, two as fair, and two as poor by the investigating physician.

Key words:

Corshe-e, ayurvedic, herbal cough formula, clinical validation, safety, cough syrup.

FORTY YEARS OF LANDSAT AND SENTINEL-2 RETROSPECTIVE ANALYSIS REVEAL A SPECIES-DIFFERENTIATED DIEBACK SIGNAL IN THE ATLAS FORESTS OF BÉNI MELLAL-KHÉNIFRA (MOROCCO)

Yacine Laidi ⁽¹⁾, **Nawfel El Bouchti** ⁽²⁾

(1) Polydisciplinary Faculty of Beni Mellal, Sultan Moulay Slimane University Beni Mellal, BP592, 23000, Beni Mellal, Morocco;

(2) National Agency of Waters and Forests, Morocco.

Abstract

North African forests occupy the southern warm edge of the Mediterranean biome and accumulate the highest per-hectare exposure to 21st-century drought, yet long-term, spatially explicit reconstructions of their dieback trajectories remain scarce. This study delivers an open, reproducible retrospective analysis of natural forest dieback in the Béni Mellal-Khénifra region of Morocco (936,437 ha) over 1984-2024, focusing on the three dominant IFN2 strata species: *Cedrus atlantica*, *Quercus rotundifolia* and *Quercus suber*.

A stratified random sample of Landsat and Sentinel-2 pixels was drawn within forest polygons, filtered by tree-cover class and slope. Per-pixel monthly NDVI series were processed through a BFAST-like workflow combining STL decomposition and PELT change-point detection, complemented by a recent-decline detector. Species-level NDVI anomalies were cross-correlated with the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI-3/6/12) and vapour-pressure-deficit (VPD) anomalies, with autocorrelation-corrected significance testing. Spatial hotspots were identified through DBSCAN clustering.

A cumulated dieback signal of approximately 187,700 ha (20.1% of regional forest cover; 95% CI 155,500-221,600 ha) was identified. Cork oak showed the highest relative rate (41.4% of pure stands), while holm oak accounted for the largest absolute affected area (142,591 ha). SPEI-12 emerged as the strongest hydro-climatic correlate, with sensitivity inversely tracking mean stratum elevation: *Q. suber* ($r=+0.364$, lag 0) > *Q. rotundifolia* ($r=+0.306$, lag 1) > *C. atlantica* ($r=+0.259$, lag 1). VPD anomalies co-varied negatively with NDVI at lag 0 for all species. Sentinel-2 detected 18-26 percentage points more Atlas cedar mortality than Landsat over their shared 2017-2024 window.

The analysis contributes a reproducible baseline for regional forest management and a transferable analytical template for other Maghreb and Sahel regions where dieback dynamics remain poorly documented.

Keywords: *Forest dieback, BFAST, SPEI, Landsat, Sentinel-2, Atlas cedar, cork oak.*

**SMART DRUG DELIVERY SYSTEMS USING STIMULI – RESPONSIVE
POLYMERS: RECENT ADVANCES AND FUTURE PERSPECTIVES**

MUTHURAMALINGAM M, GOMATHY E ELAVARASI E

BHARATH INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION AND RESEARCH

ABSTRACT :

Smart drug delivery systems (SDDS) based on stimuli-responsive polymers have gained significant attention in pharmaceutical research due to their ability to deliver drugs precisely at the target site while minimizing systemic side effects. These polymers respond to internal stimuli such as pH, temperature, enzymes, and redox conditions, as well as external stimuli including light, magnetic fields, ultrasound, and electric fields. Upon exposure to these triggers, the polymers undergo physical or chemical changes that enable controlled and site-specific drug release. This targeted approach improves therapeutic efficacy, enhances patient compliance, and reduces drug toxicity compared with conventional dosage forms. Stimuli-responsive polymeric systems have demonstrated promising applications in the treatment of cancer, diabetes, inflammatory disorders, and infectious diseases. Recent advances in polymer chemistry and nanotechnology have further improved the design and performance of these intelligent drug carriers. However, challenges such as large-scale manufacturing, long-term biocompatibility, regulatory approval, and cost-effectiveness remain barriers to their widespread clinical use. This review highlights the principles, classification, mechanisms, therapeutic applications, recent developments, challenges, and future prospects of stimuli-responsive polymer-based smart drug delivery systems. These innovative systems have the potential to transform personalized medicine by providing safer, more effective, and patient-centered therapeutic strategies.

KEYWORDS :

- Smart Drug Delivery Systems.
- Stimuli-Responsive Polymers.
- Targeted Drug Delivery.
- Controlled Drug Release.
- Personalized Medicine.
- Polymeric Drug Carriers.

SELF-SUPERVISED LEARNING IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING: FROM RECURRENT NETWORKS TO LARGE LANGUAGE MODELS

Abdullah Shahbaz

AI&ML Engineer, Falling Upward, England-United Kingdom

ORCID: 0009-0001-3383-1623

Abstract:

The exponential growth of unlabeled textual data has rendered Self-Supervised Learning (SSL) an indispensable paradigm for Natural Language Processing (NLP). Unlike supervised learning, which relies on costly human annotations, SSL leverages the inherent structure of language to generate supervisory signals, enabling models to learn rich, transferable representations at scale.

This paper provides a comprehensive review of SSL's evolutionary trajectory within NLP, tracing its development from early recurrent neural network (RNN)-based approaches to the Transformer-

dominated landscape of today's Large Language Models (LLMs). We systematically categorize SSL pre-training objectives across three generations: (1) contextualized embedding methods employed in RNN architectures (ELMo, ULMFiT), which pioneered the use of bidirectional language modeling; (2) denoising and autoencoding objectives that propelled BERT and its variants (RoBERTa, ALBERT, DistilBERT) to state-of-the-art performance; and (3) autoregressive language modeling at scale, which underpins the GPT series, LLaMA, Mistral, and other modern

LLMs. We critically analyze the architectural innovations—from attention mechanisms and positional encodings to Mixture of Experts and Flash Attention—that enabled SSL to scale to billions of parameters. Beyond pretraining, we examine downstream adaptation strategies including prompt engineering, instruction tuning, and reinforcement learning from human feedback (RLHF). We also explore SSL's role in multilingual models (mBERT, XLM-R), domain-specific adaptation (biomedical, legal, financial NLP), and efficient fine-tuning paradigms (LoRA, QLoRA, Adapters). Finally, we identify persistent challenges unique to language SSL—including catastrophic forgetting, hallucination, bias amplification, lack of interpretability, and prohibitive

computational costs—and propose actionable research directions toward robust, equitable, and environmentally sustainable language AI. This review aims to serve as a definitive roadmap for researchers and practitioners navigating the rapidly evolving landscape of SSL in NLP.

Keywords:Self-Supervised Learning; Natural Language Processing; Recurrent Neural Networks; Transformers; Large Language Models; BERT; GPT; Pre-training; Fine-tuning; Representation Learning

MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: FINDINGS FROM A MULTICENTER STUDY IN MOROCCO

Maryem ARRAJI

Abstract

Background: Medication adherence is a cornerstone of effective type 2 diabetes (T2DM) management. However, poor adherence remains a major challenge, particularly in low- and middle-income countries, where socioeconomic and healthcare-related barriers may compromise treatment outcomes. This study aimed to assess medication adherence and identify its associated factors among Moroccan patients with T2DM.

Methods: A multicenter cross-sectional study was conducted between February and June 2024 in primary healthcare facilities across the Casablanca-Settat and Rabat-Salé-Kénitra regions of Morocco. A total of 584 adults with confirmed T2DM participated in the study. Medication adherence was assessed using the Moroccan Arabic version of the General Medication Adherence Scale (GMAS). Sociodemographic, clinical, and treatment-related variables were collected through face-to-face interviews. Logistic regression analyses were performed to determine factors independently associated with adherence.

Results: Overall, 96.2% of participants were classified as adherent to their prescribed medications. High adherence was observed in 89.4% of patients, while 7.2% demonstrated good adherence and 3.4% partial adherence. Multivariate analysis showed that treatment with two or more oral antidiabetic drugs and longer diabetes duration (11–15 years) were significantly associated with lower adherence. Health insurance coverage and self-monitoring of blood glucose were positively associated with adherence. Rural residence showed a trend toward lower adherence, although statistical significance was not reached.

Conclusion: Medication adherence among Moroccan patients with T2DM was generally high. Nevertheless, treatment complexity and disease duration remain important barriers to optimal adherence. Strengthening patient education, simplifying treatment regimens when feasible, and improving access to diabetes self-management resources may further enhance adherence and clinical outcomes. These findings provide valuable evidence to guide patient-centered interventions and health policy in Morocco and similar settings.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus; Medication adherence; GMAS; Morocco; Primary healthcare; Cross-sectional study.



Issued: 27.08.2026
ISBN: '978-625-378-707-3'

