# CONFERENCE BOOK




**EU 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**
**September 3 – 8, 2026- TIRAN**

# EU 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
**SEPTEMBER 3-8, 2026**
**TIRAN**

**Edited By**
PROF. DR. NAİLE BİLGİLİ

**Issued:** 25.09.2026
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :**
**In the conference 62 papers have been presented by Turkish participants and 71 papers by international participants.**
**Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"**

**The Contents Of This Book Are Solely Those Of The Authors.**
Bu Kitabın içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

Web: www.avupakongresi.org Contact: avrupakongresi@gmail.com

**CONFERENCE ID**

# EU 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**DATE – PLACE**
**SEPTEMBER 3-8, 2026**
**TIRAN**

**ORGANIIZATION**
**ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS**

**EVALUATION PROCESS**
**All applications have undergone a double-blind peer review process.**

**PARTICIPATING COUNTRIES**
Turkey – Benin – Indonesia – India- Greece- Russia – Norway - The Netherlands - Germany- Pakistan – Egypt- Lithuania- Serbia- Uzbekistan- Bangladesh- Taiwan- Singapore – Nigeria - North Macedonia- Morocco- Kazakhstan – Ethiopia – Spain-

**PRESENTATION**
**Oral presentation**

No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical or any other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any form of information storage or retrieval systems, without permission from the publishers.
Academy Global–2026©

# CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference: Prof. Dr. Naile Bilgili

Prof. Dr. Hülya Çiçek - Gaziantep Universitesi

Prof. Dr. Ali Bilgili - Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Naile Bilgili - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Başak Hanedan - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Hajar Huseynova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Dwi Sulisworo - Ahmad Dahlan University

Prof. Zain Musa - Royal Academy of Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain - NICMAR University

Prof Yakup Babayev - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr.  Suyatno - Ahmad Dahlan University

Prof. Dr. Al-Rashiff H. Mastul -Mindanao State University

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy - Mindanao State University

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Belkıs Özkara - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna - Zarmed University

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Ataturk Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Batman Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Dody Hartanto - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Nazile Abdullazade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Erkan EFİLTİ - Kırgızistan-Türkiye Manas University

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - New Bulgarian Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari - Tebriz Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş - Gazi Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - İnönü Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları

Assist. Prof. Ihwan Ghazali - Technic University of Malaysia

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan- Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Dicle Üniversitesi

Lecturer Mehmet Nuri Ödük - Selçuk Üniversitesi

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden - Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou –

Dr. Dadash Mehravari - Tebriz Universitesi

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Gültekin Gürçay

Dr. Amaneh Manafidizajı

# Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Turkiye

Prof. Dr. Emine Koca – Turkiye

Prof. Dr. Fatma Koç – Turkiye

Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye

Prof. Dr. Ali Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Naile Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Başak Hanedan – Turkiye

Prof. Dr. Aysel Güven - Turkiye

Prof Dr. Bülent Kurtişoğlu – Turkiye

Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan

Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia

Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina

Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia

Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan

Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India

Prof. Dr. İzzet Gümüş – Turkiye

Prof. Dr. Mustafa Bayram – Turkiye

Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Turkiye

Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China

Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan

Prof. Dr. Suyatno – Indonesia

Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain – India

Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran

Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia

Prof. Dr. Guler Yenice – Turkiye

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi – Turkiye

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna – Uzbekistan

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı – Türkiye

Prof. Dr. Belkıs Özkara – Türkiye

Prof. Dr. Al-Rashiff Hamjilani Mastul – Philipinnes

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy – Philippines

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sıddık Bakır – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Meryem Öztürk - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Turkiye

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India

Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran

Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya

Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Erkan Efilti - Kirgizhstan

Assist. Prof. K. R. Padma – India

Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan

Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria

Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania

Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran

Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan

Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria

Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India

Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye

Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa

Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India

Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania

Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines

Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye

Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye

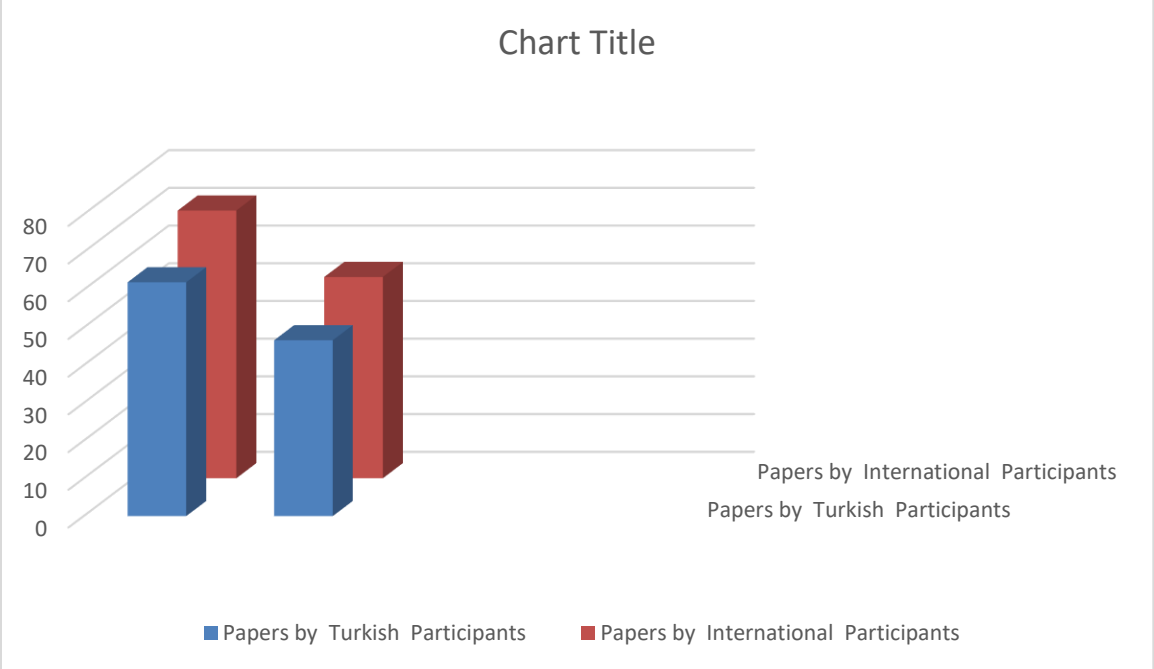
Dr. Ayşe Baran - Turkiye

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Sonali Malhotra – India

Dr. Amaneh Manafidizaji – Iran

| | *Number of paper* | *%* |
|---|---|---|
| *Papers by Turkish Participants* | 62 | 46,62 |
| *Papers by International Participants (22 Countries)* | 71 | 53,38 |



**EU 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**
**SEPTEMBER 3-8, 2026 – TIRAN**

NO : **AC- 10E - 2026. 358T– 3862**
Konu : Akademik Teşvik Uygunluk Belgesi 20/09/2026

**İLGİLİ MAKAMA**

Academy Global Conferences tarafından düzenlenen **EU 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES** kongresi 3-8 Eylül 2026 tarihlerinde Tirana'da 23 farklı ülkeden akademisyenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Kongre kapsamında sunulan 133 bildirinin 62'si Türkiye'den, 71'i ise farklı 22 ülkeden katılan akademisyenler tarafından sunulmuştur. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun olarak düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz ederiz

Saygılarımızla

Prof. Dr. Naile BİLGİLİ

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı
Fakülte Sekreterliği

Sayı : E-21304664-051-1705704 12.02.2025

Konu : 31-14279 Prof. Dr. Ali Bilgili'nin
Uluslararası Kongrelerde Düzenleme ve
Bilim kurullarında yer alması hk

FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi : Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Başkanlığı'nın11.02.2025 tarihli ve E-41298163-051-1704750 sayılı yazısı.

İlgi yazınız uyarınca, Anabilim Dalınız öğretim üyesi Prof.Dr.Ali BİLGİLİ'nin, Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında, "Academy Global Conferences & Publishing (https://www.akademikongre.org/registration)" tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görev yapması Dekanlığımızca da uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini saygılarımla rica ederim.

Prof. Dr. Necmettin ÜNAL
Dekan V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 8E77B04B-BD26-449E-A3C8-D44477307021 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ankara-universitesi-ebys

Zübeyde Hanım Mahallesi Şehit Ömer Halisdemir Bulvarı No: 9/C 06070 Altındağ / ANKARA
Telefon No: (0312) 317 03 15 Belge Geçer No: (0312) 316 44 72
e-posta: vetmed@veterinary.ankara.edu.tr
KEP Adresi : ankunvrek@ankuni.hs01.kep.tr

Bilgi için:Gülay ŞAFAK
Bilgisayar İşletmeni
Telefon No:(312) 317 03 15-4510
E-Posta: gsafak@ankara.edu.tr

# EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES
# EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
# EU EXART 9TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION

September 3-8, 2026

Tiran

**Kongre Bağlantı Linki :**

**Join Zoom Meeting**

**https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1**

**Meeting ID: 885 7151 8350**

**Passcode: 202224**



# ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- **Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.**
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- **Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.**
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- **Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.**
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- **Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.**
- Sunum yapmak zorunludur. **Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.**
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.
- **SADECE ÇALIŞMADA YAZAR OLARAK GEÇEN KİŞİLER SUNUM YAPABİLİR !**

## 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 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,

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 1** | **Dr. Öğr. Üyesi Yakup Ermurat** | 1 | ARITILMIŞ ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN TARIMSAL SULAMADA YENİDEN KULLANIMININ BİBER (Capsicum Annuum) ÇİMLENMESİ VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ | Büşra UZUNOĞLU<br>Prof. Dr. Semra MALKOÇ |
| | | 2 | ATIKSU ARITMA SUYUNUN DOMATES (Lycopersicon esculentum) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TARIMSAL SULAMADA TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİ, ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ | Büşra UZUNOĞLU<br>Prof. Dr. Semra MALKOÇ |
| | | 3 | PASİF ÖRNEKLEME YAKLAŞIMIYLA ÜNİVERSİTE BİNALARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN İNCELENMESİ: ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖRNEĞİ | Doç. Dr., Özlem ÖZDEN ÜZMEZ<br>Çevre Mühendisi, Arzu ÇALLAR |
| | | 4 | ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ASSISTED PREDICTION OF APPARENT PH STABILITY IN VITAMIN C AND AMOXICILLIN/CLAVULANATE-LOADED LECITHIN–HYDROGEL COMPOSITE FORMULATIONS | Dr. Öğr. ÜyesiYakup Ermurat |
| | | 5 | EVALUATION OF THE EFFECT OF BLAST-INDUCED VIBRATIONS ON OPEN PIT SLOPE STABILITY BY NUMERICAL MODELING | Armagan KARDES<br>Mete DOGAN<br>Meriç Can OZYURT<br>Zeynep SERTABIPOGLU KAYCİ |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 2** | **Doç. Dr. Erol KINA** | 1 | DUYGU ANALİZİNDE METİN TEMSİLİ VE MODEL PERFORMANSININ KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ: IMDB VERİ SETİ ÖRNEĞİ | Dr. Öğr. Üyesi Emre BİÇEK |
| | | 2 | ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED AUTONOMOUS FLIGHT SAFETY AND DECISION-MAKING FRAMEWORK FOR HIGH-SPEED ROCKET SYSTEMS | Asst. Prof. Dr. Ercüment ÖZTÜRK<br>Asst. Prof. Dr. Amir NASER<br>Asst. Prof. Dr. F. Baturalp GÜNAY |
| | | 3 | LILLIANITE (Pb 3 Bi 2 S 6 ) VE GALENOBISMUTITE (PbBi 2 S 4 ) SÜLFOSALTLARININ GAMA IŞINLARINA KARŞI RADYASYON KORUMA VERİMLİLİĞİ (RPE) ANALİZİ | Dr. Öğr. Üyesi Mehtap Yalçınkaya |
| | | 4 | CALIBRATION AND STATISTICAL CHARACTERIZATION OF SPECTRAL SHAPE PARAMETERS FOR SOFT SOIL GROUND MOTIONS | Asst. Prof. Dr., Rafet Sisman |
| | | 5 | TRANSFORMER TABANLI DİL MODELLERİNDE STEREOTİPİK ÖNYARGININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ | Doç. Dr. Erol KINA |
| | | 6 | KRONİK HASTALIKLARIN YÖNETİMİNDE MATEMATİK TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMLARI | Dr, Ahmet Yildirim<br>Dr.Ogr.Uyesi, Nilufer Yildirim |
| | | 7 | THE ROLE OF DOCK SYSTEMS IN MAINTENANCE SAFETY IN AIRCRAFT MAINTENANCE OPERATIONS | Polat Çelik<br>Asst. Prof. Dr. Tarık Güneş |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 3** | **Uzman Dt. Akın Halil KOYUNCU** | 1 | MAKSİLLADA PROTEZE BAĞLI YAYGIN HİPERPLAZİNİN CERRAHİ EKSİZYON VE SERBEST DİŞETİ GREFTİ İLE YÖNETİMİ: BİR OLGU SUNUMU | Uzman Dt. Akın Halil KOYUNCU |
| | | 2 | MANDİBULAR ANTERİOR BÖLGEDEKİ MUKOGİNGİVAL DEFEKTLERİN SERBEST DİŞETİ GREFTİ İLE TEDAVİSİ: BİR VAKA SERİSİ | Uzman Dt. Akın Halil KOYUNCU |
| | | 3 | YÜKSEK MAKSİLLER LABİAL FRENULUM ATAŞMANININ CERRAHİ YÖNETİMİ VE MUKOGİNGİVAL MORFOLOJİNİN OPTİMİZASYONU: OLGU SUNUMU | Merve GÜRELİ<br>Delil DOĞAN |
| | | 4 | MANDİBULAR ANTERİOR EPULİSİN PREPROTETİK CERRAHİ YÖNETİMİNDE VESTİBÜLER SULKUS MORFOLOJİSİNİN KORUNMASI: OLGU SUNUMU | Merve GÜRELİ<br>Delil DOĞAN |
| | | 5 | MAKSİLLER LABİAL MUKOZADA LOKALİZE MUKOSELİN CERRAHİ YÖNETİMİ VE HİSTOPATOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİ: OLGU SUNUMU | Ahmet Mehdi SEMUR<br>Delil DOĞAN |
| | | 6 | MAKSİLLER ANTERİOR BÖLGEDE LOKALİZE REAKTİF GİNGİVAL LEZYONUN CERRAHİ YÖNETİMİ: PİYOJENİK GRANÜLOM OLGUSU | Ahmet Mehdi SEMUR<br>Delil DOĞAN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 4** | **Delil DOĞAN** | 1 | MANDİBULAR POSTERİOR BÖLGEDE KİSTİK LEZYON ENÜKLEASYONU SONRASI OLUŞAN KEMİK DEFEKTİNİN PRF İLE YÖNETİMİ: OLGU SUNUMU | Emre ARSLAN<br>Delil DOĞAN |
| | | 2 | İMPLANT ÇEVRESİ KERATİNİZE DOKU YETERSİZLİĞİNE EŞLİK EDEN YUMUŞAK DOKU ÇEKİLMESİNİN SERBEST DİŞ ETİ GREFTİ İLE CERRAHİ YÖNETİMİ: OLGU SUNUMU | Emre ARSLAN<br>Delil DOĞAN |
| | | 3 | İLERİ POSTERİOR MAKSİLLER ATROFİDE LATERAL SİNÜS LİFT VE AŞAMALI İMPLANT YERLEŞİMİ: OLGU SUNUMU | Uzm.Dt., Merve GÜNEY<br>Uzm.Dt., Delil DOĞAN |
| | | 4 | MAKSİLLER VE MANDİBULAR GİNGİVAL ÇEKİLMELERİN BAĞ DOKUSU VE SERBEST DİŞ ETİ GREFTLERİYLE TEDAVİSİ: 2 YILLIK OLGU TAKİBİ | Uzm.Dt., Merve GÜNEY<br>Uzm.Dt., Delil DOĞAN |
| | | 5 | INFLUENCE OF PEEK AND TITANIUM IMPLANT SCAN BODIES ON THE ACCURACY OF DIGITAL IMPLANT IMPRESSIONS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS | Assistant Professor, Rüştü Ersoy Sakarya<br>Research Assistant, Osayd Alawawda |
| | | 6 | PROTETİK REHABİLİTASYON ÖNCESİ POSTEKSTRAKSİYONEL ALVEOLER KRET MORFOLOJİSİNİN CERRAHİ OPTİMİZASYONU: MANDİBULAR ALVEOLOPLASTİ OLGU SUNUMU | Delil DOĞAN |
| | | 7 | MAKSİLLER MUKOZAL APSE YÖNETİMİNDE CERRAHİ DRENAJIN SÜRDÜRÜLMESİNE YÖNELİK SÜTÜRLE FİKSE DREN UYGULAMASI: OLGU SUNUMU | Delil DOĞAN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 5** | **Prof. Dr. Naile BİLGİLİ** | 1 | GENETIC ALGORITHM-BASED PID PARAMETER OPTIMIZATION FOR A THREE-DEGREE-OF-FREEDOM ROBOTIC ARM | Semih Çelik<br>Dr. Öğr.Üyesi, Aziz Sezgin |
| | | 2 | YAŞLI BİREYLERDE MONTESSORİ TEMELLİ UYGULAMALARIN KOGNİTİF FONKSİYON VE GÜNLÜK YAŞAM AKTİVİTELERİNE ETKİSİ: RANDOMİZE KONTROLLÜ ÇALIŞMA PROTOKOLÜ | Arş. Gör. Semanur ÇELİK DEMİRYÜREK<br>Prof. Dr. Naile BİLGİLİ |
| | | 3 | PREVALENCE OF HEALTHCARE-ASSOCIATED INFECTIONS IN “MOTHER TERESA” UNIVERSITY HOSPITAL AND REGIONAL DURRES HOSPITAL | MD.PhD. Zahide Sulejmani<br>Doloresa Koka<br>Elja Sulejmani |
| | | 4 | CURRENT EVİDENCE-BASED APPROACHES TO THE MANAGEMENT OF MENOPAUSAL SYMPTOMS: A NARRATİVE REVİEW | Şengül Seda İNCELER<br>Dr. Öğr. Üyesi Seda Karaçay YIKAR<br>Prof. Dr. Evşen NAZİK |
| | | 5 | BREASTFEEDİNG İN THE AGE OF THE CLİMATE CRİSİS: A REVİEW FROM THE PERSPECTİVE OF MATERNAL INFANT HEALTH AND SUSTAİNABLE NUTRİTİON | Gamze Nur KAYA<br>Doç. Dr. Canan Birimoğlu OKUYAN |
| | | 6 | DİGİTAL TRANSFORMATİON İN BREASTFEEDİNG COUNSELİNG: MOBİLE APPLİCATİONS, TELEHEALTH, AND SOCİAL MEDİA-BASED SUPPORT APPROACHES | Gamze Nur KAYA<br>Doç. Dr. Canan Birimoğlu OKUYAN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 6** | **Dr. Öğr. Üyesi Özge AYDIN** | 1 | KARDEŞLER ARASINDA PAYLAŞILMIŞ KEKEMELİK: ÜÇ VAKA ÜZERİNDEN KLİNİK BİR DEĞERLENDİRME | Dr. Öğr. Üyesi Agit ŞİMŞEK<br>Gülizar BOŞNAK |
| | | 2 | YÜKSEK KUBBELİ DAMAK MORFOLOJİSİNE SAHİP 6-9 YAŞ ÇOCUKLARDA ARTİKÜLASYON HATALARININ İNCELENMESİ | Dr. Öğr. Üyesi Agit ŞİMŞEK<br>Mehmet Efe YILDIRIM |
| | | 3 | YAPAY ZEKA KULLANIMI VE HEMŞİRELİK GELECEĞİNE ETKİSİ | Prof. Dr. Asiye KARTAL<br>Beyza Nur TAŞDEMİR |
| | | 4 | FUTBOL OKULLARINDA EĞİTİM ALAN ÇOCUKLARIN AKADEMİK BAŞARI ALGILARININ İNCELENMESİ | Dr. Öğr. Üyesi Özge AYDIN<br>Prof. Dr. Yeliz ERATLI ŞİRİN |
| | | 5 | KLİMAKTERİK DÖNEM KADIN SAĞLIĞI SORUNLARI VE KANITA DAYALI UYGULAMALAR | Yükseklisans Öğrencisi, Mercan GÜNEŞ<br>Dr. Öğr. Üyesi, Seda KARAÇAY YIKAR<br>Prof. Dr., Evşen NAZİK |
| | | 5 | COMPASSION FATIGUE: A REVIEW ON ONCOLOGY NURSING | Asst. Prof., Nermin Kılıç Barmanpek<br>Asst. Prof., Cihat Demirel |
| | | 6 | GEBELİK VE CİNSEL YAŞAM | Yükseklisans Öğrencisi, Mercan GÜNEŞ<br>Dr. Öğr. Üyesi, Seda KARAÇAY YIKAR<br>Prof. Dr., Evşen NAZİK |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 7** | **Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ<br>Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN** | 1 | HONEY BEE COLONY HEALTH AND THE CHALLENGES OF ENVIRONMENTAL STRESSORS IN ALGERIA | Noureddine Adjlane<br>Prof. Dr. Soumeya Kaouche |
| | | 2 | COCCIDIOSIS IN CATTLE | Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ<br>Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN |
| | | 3 | ABOMASAL ULCERS IN CATTLE | Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN<br>Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ |
| | | 4 | IDENTIFICATION OF AKAP13 POLYMORPHISM IN SELECTED INDIGENOUS TURKİSH GOAT BREEDS | Res. Asst. Beste GÖNECİ FİDAN<br>Assoc. Prof. Dr. Bahar ARGUN KARSLI |
| | | | EVALUATION OF SELECTED REPRODUCTIVE PERFORMANCE PARAMETERS IN AKKARAMAN SHEEP RAISED UNDER ANKARA CONDITIONS | Sedat BEHREM<br>Yunus ARZIK |
| | | 5 | THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON ECONOMIC TRAITS IN SMALL RUMINANT FARMING IN TÜRKIYE | Mehmet DEMİR<br>Sedat BEHREM<br>Yunus ARZIK |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 8** | **Prof. Dr. Mehmet Oğuz Öztürk** | 1 | *SCHYZOCOTYLE ACHEILOGNATHI* (PLATYHELMINTHES) TÜRÜNDE INTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ITS) GEN DİZİSİNİN TANIMLAMASI | Prof. Dr. Mehmet Oğuz Öztürk |
| | | 2 | CIMEX LECTULARIUS (HEMIPTERA) TÜRÜNDE ADLİ TIPTAKİ UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME | Prof. Dr. Mehmet Oğuz Öztürk |
| | | 3 | AGROEKOSİSTEMDE BÖCEKLERİN ÇOĞALMASINI OLUMSUZ ETKİ EDEN ABİYOTİK FAKTÖRLER | Prof. Dr. Mehmet KAPLAN |
| | | 4 | TARIMSAL ÜRETİMDE DRONE TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI VE UYGULAMA ALANLARI | Prof. Dr. Mehmet KAPLAN |
| | | 5 | PEPPERMİNT ve SPEARMİNT ÇAYLARINDA DEMLEME SICAKLIĞININ TOPLAM FENOLİK MADDE ve ANTİOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİSİ | Dr. Öğretim Üyesi Hülya ŞEN ARSLAN |
| | | 6 | TIME-DEPENDENT PROGRESSION OF OXIDATIVE, OSMOTIC, AND PIGMENT RESPONSES TO PROLONGED DARKNESS IN MAIZE | Lecturer, Kamil ÖZTÜRK<br>Lecturer Dr., Cansu ALTUNTAŞ |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 9** | **Doç.Dr. Ali İhsan Çelik** | 1 | INVESTIGATION OF ARTIFICIAL AGGREGATE TYPES AND THEIRSUITABILITY FOR ASPHALT MIXTURES | Dr. Onur Şahin |
| | | 2 | PAYMENT TECHNOLOGIES AND INTEGRATION APPROACHES İN PARATRANSIT SYSTEMS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF THE NATIONAL AND INTERNATIONAL LITERATURE | Dr. Onur Şahin |
| | | 3 | ENDÜSTRİ 1.0'DAN İNŞAAT 5.0'A: DİJİTALLEŞME, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE İNSAN MERKEZLİ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDE İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNİN EVRİMİ | Doç.Dr. Ali İhsan Çelik |
| | | 4 | TEK YÜZÜ DAİRESEL DELİKLİ İNCE CİDARLI PASLANMAZ ÇELİK KUTU PROFİLLERDE YEREL BURKULMA DAVRANIŞININ CİDAR KALINLIĞINA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN SAYISAL İNCELENMESİ | Doç.Dr. Ali İhsan Çelik |
| | | 5 | SÜRŞARJ YÜKLERİ ALTINDA DAYANMA DUVARI DAVRANIŞININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ | Dr. Öğr. Üyesi Yesim Tuskan |
| | | 6 | THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLYWOOD MADE FROM OAK VENEERS | Assoc. Prof. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN |
| | | 7 | QUANTIFYING PRIVACY LEAKAGE IN RESIDENTIAL FLOOR PLANS USING SEMANTIC ROOM GRAPHS | Öğr. Gör. Dr. Osman GÜMÜŞ<br>Mim. Esmer GÜMÜŞ |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 1** | **Assis. Prof. Dr. Antonio Ruiz Cabrera** | 1 | EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE OF BOVINE TUBERCULOSIS IN EXTENSIVE CATTLE FARMING SYSTEMS OF THE MEDITERRANEAN REGION | Prof. Dr. Carlos Fernández-Delgado<br>Dr. María Isabel Romero-Vega<br>Javier Alonso Martín<br>Assoc. Prof. Dr. Lucía Sánchez Ortega |
| | | 2 | ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS OF ESCHERICHIA COLI ISOLATED FROM POULTRY FLOCKS AND ITS PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS | Assis. Prof. Dr. Antonio Ruiz Cabrera<br>Elena Gómez Navarro |
| | | 3 | PREVALENCE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH GASTROINTESTINAL PARASITIC INFECTIONS IN SMALLHOLDER DAIRY CATTLE | Dr. Tesfaye Bekele Gebre<br>Prof. Dr. Almaz Hailu Wolde<br>Getachew Mulugeta Assefa |
| | | 4 | SEROPREVALENCE OF PESTE DES PETITS RUMINANTS VIRUS IN INDIGENOUS SHEEP AND GOAT POPULATIONS UNDER PASTORAL MANAGEMENT | Prof. Dr. Dawit Negash Kebede<br>Selamawit Bogale Fikru |
| | | 5 | MOLECULAR CHARACTERIZATION OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE VIRUS SEROTYPES CIRCULATING IN NORTH AFRICAN LIVESTOCK POPULATIONS | Assis. Prof. Dr. Youssef El Amrani<br>Dr. Fatima Zahra Benjelloun<br>Khalid Ouazzani Tahiri<br>Prof. Dr. Nadia Berrada Chraibi<br>Hamza El Fassi |
| | | 6 | IMPACT OF THERMAL STRESS ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE AND MILK YIELD IN HOLSTEIN DAIRY COWS UNDER SEMI-ARID CONDITIONS | Dr. Rachid Bennani Smires<br>Salma El Idrissi Alaoui<br>Assoc. Prof. Dr. Omar Tazi Mansouri |
| | | 7 | DETECTION AND ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN SUBCLINICAL MASTITIS CASES FROM SMALL-SCALE DAIRY HERDS | Prof. Dr. Mohamed Chakir Belhaj<br>Imane Sabri Ouali<br>Houda Bennis Sekkat |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 2** | **Assoc. Prof. Dr. Kiril Dimitro0076** | 1 | SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES RETROFITTED WITH CARBON FIBER REINFORCED POLYMER JACKETING IN HIGH-RISK ZONES | Prof. Dr. Nurlan Abenov<br>Aigerim Sultanova<br>Yerlan Tulegenov<br>Dr. Zhanna Karimova |
| | | 2 | INTEGRATION OF BUILDING INFORMATION MODELING AND ENERGY SIMULATION FOR SUSTAINABLE RESIDENTIAL ARCHITECTURE IN CONTINENTAL CLIMATE CONDITIONS | Assoc. Prof. Dr. Dmitriy Ivanov<br>Madina Zhaksybekova |
| | | 3 | FINITE ELEMENT ANALYSIS OF LONG-SPAN STEEL TRUSS BRIDGES UNDER COMBINED THERMAL AND DYNAMIC TRAFFIC LOADING | Prof. Dr. Goran Stojanovski<br>Marija Petrovska<br>Assis. Prof. Dr. Ilija Nikolov<br>Ana Trajkovska<br>Dr. Vladimir Angelov |
| | | 4 | ADAPTIVE REUSE OF INDUSTRIAL HERITAGE BUILDINGS AS A STRATEGY FOR URBAN REGENERATION AND CULTURAL SUSTAINABILITY | Biljana Ristovska<br>Assoc. Prof. Dr. Kiril Dimitrov |
| | | 5 | EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LATERITIC SOIL STABILIZATION USING RICE HUSK ASH AND CEMENT FOR LOW-COST ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION | Prof. Dr. Chinedu Okafor |
| | | 6 | OPTIMIZATION OF PASSIVE COOLING TECHNIQUES IN VERNACULAR ARCHITECTURE FOR TROPICAL CLIMATE ENERGY EFFICIENCY | Assoc. Prof. Dr. Funmilayo Adeyemi<br>Ibrahim Musa<br>Blessing Eze<br>Dr. Olusegun Bamidele<br>Ngozi Uchenna<br>Assis. Prof. Dr. Tunde Afolabi |
| | | 7 | DURABILITY AND MECHANICAL BEHAVIOR OF SELF-COMPACTING CONCRETE INCORPORATING RECYCLED COARSE AGGREGATES AND SILICA FUME | Dr. Yusuf Abdullahi<br>Chidinma Obi<br>Prof. Dr. Hassan Danjuma |
| | | 8 | RESILIENCE-BASED DESIGN OF URBAN DRAINAGE INFRASTRUCTURE FOR FLOOD MITIGATION UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN DENSE COASTAL CITIES | Prof. Dr. Tan Wei Ming<br>Lim Hui Ling<br>Assoc. Prof. Dr. Rajesh Kumar<br>Nurul Aisyah Binte Rahman |
| | | 9 | PARAMETRIC DESIGN AND STRUCTURAL OPTIMIZATION OF FREE-FORM TIMBER GRIDSHELL ROOF SYSTEMS USING COMPUTATIONAL WORKFLOWS | Assis. Prof. Dr. Lee Jia Wei<br>Priya Nair<br>Dr. Muhammad Firdaus |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 3** | **Assis. Prof. Dr. Nodira Karimova** | 1 | EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMAL FATIGUE BEHAVIOR IN ALUMINUM ALLOY PISTON HEADS UNDER CYCLIC HEATING CONDITIONS | Prof. Dr. Alisher Rakhimov<br>Dilnoza Yusupova<br>Assoc. Prof. Dr. Bekzod Toshpulatov |
| | | 2 | OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS IN CNC TURNING OF STAINLESS STEEL USING TAGUCHI-BASED SURFACE ROUGHNESS ANALYSIS | Sardor Ergashev<br>Assis. Prof. Dr. Nodira Karimova |
| | | 3 | FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRESS DISTRIBUTION IN COMPOSITE LEAF SPRINGS FOR LIGHTWEIGHT AUTOMOTIVE SUSPENSION SYSTEMS | Prof. Dr. Chih-Ming Lin<br>Yu-Hsuan Chang<br>Wei-Chen Huang<br>Dr. Ping-Hung Tsai |
| | | 4 | DEVELOPMENT OF A HYBRID PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING MODULE FOR VIBRATION-DRIVEN INDUSTRIAL SENSOR APPLICATIONS | Assoc. Prof. Dr. Kuan-Yu Chen<br>Hsiao-Ling Wu<br>Jia-Wei Yang<br>Mei-Fen Ho<br>Cheng-Hao Liu<br>Dr. Shu-Ping Kao |
| | | 5 | COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS STUDY OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT IN MICROCHANNEL HEAT SINKS USING NANOFLUID COOLANTS | Prof. Dr. Md. Rafiqul Islam<br>Tahmina Akter |
| | | 6 | DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF A LOW-COST SOLAR-POWERED WATER PUMPING SYSTEM FOR RURAL AGRICULTURAL IRRIGATION | Abdullah Al Mamun<br>Assoc. Prof. Dr. Shahriar Hossain<br>Nusrat Jahan<br>Dr. Kamrul Hasan Bhuiyan<br>Fatema Begum |
| | | 7 | WEAR AND FRICTION CHARACTERIZATION OF SILICON CARBIDE-REINFORCED ALUMINUM MATRIX COMPOSITES FABRICATED BY STIR CASTING | Assis. Prof. Dr. Mohammad Saiful Alam<br>Rezaul Karim<br>Sadia Islam |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 4** | **Assoc. Prof. Dr. Håkon Nilsen** | 1 | COMPARATIVE ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN URBAN RIVER SEDIMENTS UNDER SEMI-ARID CLIMATIC CONDITIONS | Prof. Dr. Bekzod Rakhimov<br>Nilufar Yusupova<br>Assoc. Prof. Dr. Sardor Karimov |
| | | 2 | MEMBRANE BIOREACTOR PERFORMANCE FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE IN WATER-STRESSED REGIONS OF CENTRAL ASIA | Dr. Dilnoza Abdullayeva<br>Otabek Tursunov<br>Prof. Dr. Jamshid Ismoilov<br>Malika Sattorova<br>Assis. Prof. Dr. Farrukh Nazarov |
| | | 3 | PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF PHARMACEUTICAL POLLUTANTS USING MODIFIED TITANIUM DIOXIDE NANOCOMPOSITES | Prof. Dr. Ahmed El-Sayed<br>Mona Abdelrahman |
| | | 4 | LIFE CYCLE ANALYSIS OF SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGIES IN RAPIDLY EXPANDING COASTAL CITIES | Dr. Karim Mahmoud<br>Fatma Hassan<br>Assoc. Prof. Dr. Youssef Ibrahim<br>Nourhan Farouk |
| | | 5 | MICROPLASTIC OCCURRENCE AND SEASONAL DISTRIBUTION IN COLD-WATER FJORD ECOSYSTEMS | Prof. Dr. Lars Haugen<br>Ingrid Solberg<br>Dr. Magnus Berg |
| | | 6 | OPTIMIZATION OF ANAEROBIC DIGESTION FOR BIOGAS RECOVERY FROM FISH PROCESSING WASTE STREAMS | Sofie Andersen<br>Assoc. Prof. Dr. Håkon Nilsen |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 5** | **Dr. Marko Nikolić** | 1 | ENCAPSULATION OF BLACKCURRANT POLYPHENOLS BY SPRAY DRYING AND THEIR STABILITY DURING STORAGE IN FUNCTIONAL DAIRY MATRICES | Prof. Dr. Rūta Petrauskienė<br>Assoc. Prof. Dr. Gintaras Kazlauskas<br>Dr. Andrius Jankauskas |
| | | 2 | OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF DIETARY FIBRE FROM RYE BRAN FOR BAKERY APPLICATIONS | Jonas Stankevičius<br>Assis. Prof. Dr. Vaida Butkutė |
| | | 3 | EFFECT OF HIGH-PRESSURE PROCESSING ON MICROBIAL SAFETY AND SENSORY QUALITY OF FRESHLY PRESSED POMEGRANATE JUICE<br>Prof | . Dr. Mohamed El-Sayed Ahmed Abdel-Rahman<br>Dr. Amira Hassan<br>Mostafa Kamel |
| | | 4 | DEVELOPMENT OF EDIBLE COATINGS BASED ON CHITOSAN AND OLIVE LEAF EXTRACT TO EXTEND SHELF LIFE OF DATE FRUITS | Assoc. Prof. Dr. Mahmoud Ibrahim<br>Fatma El-Zahraa Mansour |
| | | 5 | KINETIC MODELLING OF THIN-LAYER DRYING OF MANGO SLICES USING SOLAR-ASSISTED HYBRID DRYERS | Prof. Dr. Muhammad Aslam<br>Ayesha Bibi<br>Dr. Bilal Ahmed Khan<br>Usman Malik<br>Assis. Prof. Dr. Sana Riaz<br>Hafiz Tariq Mehmood |
| | | 6 | PHYSICOCHEMICAL AND RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF STABILIZED YOGHURT ENRICHED WITH GERMINATED CHICKPEA FLOUR | Ali Raza<br>Dr. Fatima Noor |
| | | 7 | ANTIOXIDANT ACTIVITY AND OXIDATIVE STABILITY OF COLD-PRESSED MORINGA SEED OIL DURING ACCELERATED STORAGE | Prof. Dr. Imran Hussain<br>Assoc. Prof. Dr. Nadia Parveen<br>Zeeshan Akram |
| | | 8 | INFLUENCE OF FERMENTATION CONDITIONS ON THE PROBIOTIC VIABILITY AND TEXTURE OF TRADITIONAL SERBIAN KAJMAK | Prof. Dr. Nikola Jovanović<br>Jelena Petrović<br>Dr. Marko Nikolić |
| | | 9 | VALORIZATION OF APPLE POMACE INTO PECTIN AND POLYPHENOL-RICH POWDERS FOR CLEAN-LABEL FOOD FORMULATIONS | Assoc. Prof. Dr. Milan Stanković<br>Ana Đorđević<br>Stefan Ilić<br>Dr. Ivana Mitrović |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 6** | **Dr. Mindaugas Stankevičius** | 1 | THE IMPACT OF STRUCTURED NURSE-LED EDUCATION PROGRAMS ON MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE | Prof. Dr. Aistė Kazlauskienė<br>Tomas Petrauskas<br>Assoc. Prof. Dr. Rūta Jankauskaitė |
| | | 2 | EVALUATING BURNOUT AND EMOTIONAL EXHAUSTION LEVELS AMONG INTENSIVE CARE UNIT NURSES DURING PROLONGED SHIFT SCHEDULES | Dr. Mindaugas Stankevičius<br>Gabija Vaitkutė<br>Darius Butkus<br>Assis. Prof. Dr. Vytautas Kazlauskas |
| | | 3 | ASSESSING HAND HYGIENE COMPLIANCE AND ITS ASSOCIATION WITH HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS IN SURGICAL WARDS | Assoc. Prof. Dr. Mahmoud Abdel-Rahman<br>Fatma Ibrahim<br>Youssef Mostafa<br>Dr. Nadia Farouk<br>Salma Abdelaziz |
| | | 4 | THE ROLE OF NURSING INTERVENTIONS IN REDUCING POSTOPERATIVE ANXIETY AMONG PATIENTS UNDERGOING MAJOR ABDOMINAL SURGERY | Prof. Dr. Ahmed Hassan<br>Mona El-Sayed |
| | | 5 | KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICES REGARDING PRESSURE ULCER PREVENTION AMONG NURSES IN TERTIARY CARE HOSPITALS | Dr. Muhammad Ali Khan<br>Ayesha Siddiqui |
| | | 6 | FACTORS INFLUENCING PATIENT SATISFACTION WITH NURSING CARE QUALITY IN PUBLIC AND PRIVATE HEALTHCARE SETTINGS | Prof. Dr. Imran Ahmed<br>Sana Malik<br>Bilal Hussain<br>Fatima Zahra<br>Assis. Prof. Dr. Usman Tariq<br>Hina Rashid |
| | | 7 | THE EFFECTIVENESS OF SIMULATION-BASED TRAINING IN IMPROVING CLINICAL DECISION-MAKING SKILLS OF NURSING STUDENTS | Assoc. Prof. Dr. Zainab Iqbal<br>Ahsan Raza<br>Dr. Kiran Shah |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 7** | **Dr. Georgios Dimitriou** | 1 | OPTIMIZATION OF PRECISION IRRIGATION SCHEDULING USING SOIL MOISTURE SENSOR NETWORKS FOR SUSTAINABLE CEREAL PRODUCTION UNDER CENTRAL EUROPEAN DROUGHT CONDITIONS | Dr. Anna-Lena Schneider<br>Assoc. Prof. Dr. Michael Weber<br>Sophie Braun |
| | | 2 | DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS FIELD ROBOTS EQUIPPED WITH DEEP-LEARNING VISION SYSTEMS FOR SELECTIVE MECHANICAL WEED CONTROL IN ORGANIC FARMING | Assis. Prof. Dr. Julia Fischer<br>Prof. Dr. Hans-Peter Wagner |
| | | 3 | INTEGRATION OF SATELLITE REMOTE SENSING AND MACHINE LEARNING MODELS FOR EARLY DETECTION OF NITROGEN DEFICIENCY IN GREENHOUSE HORTICULTURE | Prof. Dr. Willem van der Berg<br>Dr. Sanne de Vries<br>Bram Jansen<br>Assoc. Prof. Dr. Eva Bakker<br>Lucas Visser |
| | | 4 | LIFE CYCLE ASSESSMENT OF VERTICAL FARMING SYSTEMS AND THEIR ROLE IN REDUCING WATER FOOTPRINT OF LEAFY VEGETABLE SUPPLY CHAINS | Dr. Femke Hendriks<br>Prof. Dr. Johan Smit<br>Daan Mulder |
| | | 5 | MODELING SOIL CARBON SEQUESTRATION DYNAMICS UNDER REGENERATIVE GRASSLAND MANAGEMENT IN COLD BOREAL CLIMATES | Prof. Dr. Ole Kristiansen<br>Ingrid Halvorsen<br>Assis. Prof. Dr. Lars Andersen |
| | | 6 | ASSESSMENT OF POST-HARVEST STORAGE TECHNOLOGIES FOR REDUCING QUALITY LOSSES IN ARCTIC BERRY PRODUCTION VALUE CHAINS | Dr. Kari Johansen |
| | | 7 | EVALUATION OF ANAEROBIC DIGESTION SYSTEMS FOR CONVERTING LIVESTOCK MANURE INTO RENEWABLE BIOGAS ON SMALL-SCALE NORWEGIAN FARMS | Assoc. Prof. Dr. Magnus Olsen<br>Sigrid Berg<br>Prof. Dr. Erik Nilsen<br>Astrid Pedersen |
| | | 8 | APPLICATION OF INTERNET-OF-THINGS SENSORS AND DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR SUSTAINABLE VINEYARD MANAGEMENT IN THE AEGEAN REGION | Dr. Georgios Dimitriou<br>Sofia Alexandrou |
| | | 9 | ANALYSIS OF SOIL SALINITY MANAGEMENT PRACTICES AND THEIR EFFECTS ON GREENHOUSE TOMATO PRODUCTIVITY IN COASTAL AGRICULTURAL ZONES | Assis. Prof. Dr. Nikolaos Christodoulou<br>Panagiota Stavrou<br>Prof. Dr. Athanasios Karagiannis |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 8** | **Assoc. Prof. Dr. Erik Johansen** | 1 | OPTIMIZING GRID-SCALE LITHIUM-ION BATTERY STORAGE FOR INTERMITTENT RENEWABLE ENERGY INTEGRATION IN URBAN POWER SYSTEMS | Prof. Dr. Andreas Müller<br>Dr. Katharina Weber<br>Sebastian Hoffmann |
| | | 2 | THERMODYNAMIC EFFICIENCY ANALYSIS OF HYDROGEN FUEL CELLS FOR DECENTRALIZED RESIDENTIAL ENERGY GENERATION | Assoc. Prof. Dr. Johanna Schneider<br>Markus Bauer<br>Prof. Dr. Thomas Wagner<br>Lena Fischer<br>Dr. Christian Richter |
| | | 3 | LIFE-CYCLE ASSESSMENT OF OFFSHORE WIND TURBINE FOUNDATIONS UNDER NORTH SEA ENVIRONMENTAL CONDITIONS | Dr. Willem van der Berg<br>Sanne de Vries<br>Assis. Prof. Dr. Pieter Bakker |
| | | 4 | MACHINE LEARNING APPROACHES FOR PREDICTIVE LOAD BALANCING IN SMART ENERGY DISTRIBUTION NETWORKS | Prof. Dr. Johannes Visser<br>Anouk Jansen<br>Bram Meijer<br>Dr. Femke de Boer |
| | | 5 | TECHNO-ECONOMIC EVALUATION OF FLOATING SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN COLD-CLIMATE HYDROPOWER RESERVOIRS | Assoc. Prof. Dr. Erik Johansen<br>Ingrid Hansen |
| | | 6 | CARBON CAPTURE AND STORAGE POTENTIAL OF DEPLETED OFFSHORE GAS FIELDS FOR LARGE-SCALE INDUSTRIAL DECARBONIZATION | Prof. Dr. Lars Olsen<br>Kristine Berg<br>Assis. Prof. Dr. Magnus Larsen<br>Sigrid Nilsen<br>Dr. Håkon Andersen<br>Marte Kristiansen |
| | | 7 | DYNAMIC MODELING OF DEEP GEOTHERMAL HEAT EXTRACTION FOR DISTRICT HEATING IN HIGH-LATITUDE COMMUNITIES | Dr. Ola Pedersen<br>Camilla Haugen<br>Prof. Dr. Bjørn Solberg<br>Astrid Moen |
| | | 8 | POLICY-DRIVEN TRANSITION PATHWAYS TOWARD RENEWABLE ENERGY SELF-SUFFICIENCY IN MEDITERRANEAN ISLAND ECONOMIES | Prof. Dr. Georgios Papadopoulos<br>Eleni Nikolaou<br>Dr. Dimitrios Georgiou |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 9** | **Assis Prof. Dr. Suresh Nair** | 1 | THE EFFECT OF INTERMITTENT FASTING ON GLYCEMIC CONTROL AND INSULIN SENSITIVITY IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS | Prof. Dr. Aleksandr Ivanov<br>Dr. Elena Volkova<br>Mikhail Sokolov |
| | | 2 | DIGITAL HEALTH INTERVENTIONS AND TELEMEDICINE ADOPTION FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT IN UNDERSERVED RURAL AREAS | Prof. Dr. Vikram Singh<br>Ananya Banerjee<br>Dr. Ravi Menon<br>Sunita Patel<br>Arjun Deshmukh |
| | | 3 | THE ROLE OF VITAMIN D SUPPLEMENTATION IN BONE HEALTH AND IMMUNE FUNCTION AMONG THE ELDERLY POPULATION | Assis Prof. Dr. Suresh Nair<br>Dr. Kavita Reddy |
| | | 4 | ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS AND THE PROMOTION OF RATIONAL ANTIBIOTIC USE IN TERTIARY CARE HOSPITALS | Prof. Dr. Rajesh Kumar<br>Priya Sharma<br>Dr. Anil Gupta<br>Meena Iyer |
| | | 5 | EFFECTIVENESS OF COMMUNITY-BASED MENTAL HEALTH PROGRAMS IN REDUCING SYMPTOMS OF DEPRESSION AND ANXIETY | Assoc. Prof. Dr. Sri Wahyuni<br>Agus Setiawan<br>Dr. Putu Gede Wirawan |
| | | 6 | THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY LEVELS, DIETARY HABITS, AND THE RISING PREVALENCE OF OBESITY AMONG ADOLESCENTS | Dr. Rizki Pratama |
| | | 7 | THE IMPACT OF LONG-TERM AIR POLLUTION EXPOSURE ON RESPIRATORY HEALTH OUTCOMES AND LUNG FUNCTION IN URBAN POPULATIONS | Prof. Dr. Budi Santoso<br>Siti Rahmawati<br>Dr. Ahmad Wijaya<br>Ni Made Ari<br>Assoc. Prof. Dr. Bambang Sutrisno<br>Dewi Lestari |
| | | 8 | EVALUATION OF MATERNAL HEALTHCARE ACCESS AND ANTENATAL CARE UTILIZATION IN LOW-RESOURCE PRIMARY HEALTH SETTINGS | Assis Prof. Dr. Bénédicte Hounkpatin<br>Sègla Dossou<br>Dr. Marius Adjagba<br>Florentine Agbeko |
| | | 9 | PREVALENCE AND DETERMINANTS OF ACUTE MALNUTRITION AMONG CHILDREN UNDER FIVE YEARS OF AGE IN RURAL COMMUNITIES | Dr. Kossi Adjovi<br>Prof. Dr. Rachidatou Aboudou |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 1** | **Dr. Öğretim Üyesi, Feyyaz ALPSALAZ** | 1 | FARKLI İKLİM KOŞULLARINDA FOTOVOLTAİK SİSTEM PERFORMANSININ PVSYST İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ VE KARAKTERİZASYONU | Yüksek Lisans Öğrencisi Ülkü Köse<br>Dr. Öğr. Üyesi Bayram KÖSE |
| | | 2 | İLETİM HATLARINDA AKILLI ARIZA TESPİTİ: TOPLULUK ÖĞRENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARININ KARŞILAŞTIRMALI BAŞARIM ANALİZİ | Öğr. Gör. İlyas Güvenç PİRGE |
| | | 3 | COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PID CONTROLLER AND DEGRADATION-AWARE MPC CONTROLLER IN PEM FUEL CELL SYSTEMS | Arş. Gör. Gökçe Nur YILDIRIM |
| | | 4 | INTEGER- AND FRACTIONAL-ORDER ANALOG CIRCUIT DESIGN OF THE IQBAL–WANG HYPERCHAOTIC SYSTEM | Mehmet Sait ATEŞMEN<br>Assoc. Prof. Dr. Serdar ÇİÇEK |
| | | 5 | KÜRESEL ENERJİ SANTRALLERİNDE KURULU GÜÇ VE ÜRETİM İLİŞKİSİNİN ANALİZİ | Dr. Öğretim Üyesi, Feyyaz ALPSALAZ<br>Dr. Öğretim Üyesi, Hasan UZEL<br>Dr. Öğretim Üyesi, Bekir Emre ALTUN |
| | | 6 | HETEROJEN YENİ NESİL YIĞINLAMA (STACKİNG) TOPLULUK MODELİ KULLANILARAK BETON BASINÇ DAYANIMININ TAHMİNİ | Dr. Öğretim Üyesi, Feyyaz ALPSALAZ<br>Dr. Öğretim Üyesi, Hasan UZEL<br>Dr. Öğretim Üyesi, Bekir Emre ALTUN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 2** | **Doç. Dr. Samet YILMAZ** | 1 | CONSTITUTION-MAKING IN TIMES OF CRISIS: AN ANALYSIS OF THE IRANIAN ISLAMIC REVOLUTION BASED ON JON ELSTER'S THEORY OF CONSTITUTION-MAKING. | Assis. Prof. Dr. Aref barkhordari |
| | | 2 | YETİŞKİNLERİN KÜRESEL VATANDAŞLIK DÜZEYLERİNİN ÇEŞİTLİ DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ | Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Demirci |
| | | 3 | ABRAHAM ANLAŞMALARI ÇERÇEVESİNİN ORTA ASYA'YA GENİŞLEME POTANSİYELİ: JEOPOLİTİK BİR DEĞERLENDİRME | Doktor Öğretim Üyesi, Arzu ÇETİNKAYA |
| | | 4 | AB-LAK ULUSLARARASI VAKFI: İKİ BÖLGELİ İLİŞKİLERDE KURUMSAL BİR KÖPRÜ | Doç. Dr. Samet YILMAZ |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 3** | **Assoc. Prof. Nazile Abdullazade** | 1 | EDUCATING CHILDREN FOR AN UNCERTAIN FUTURE: SUSTAINABILITY, SCIENTIFIC LITERACY AND RESPONSIBLE DECISION-MAKING | Prof. Dr. Snezana Stavreva Veselinovska |
| | | 2 | HEALTH LITERACY AS A FOUNDATION FOR SUSTAINABLE LIVING: AN INTEGRATED FRAMEWORK FOR EARLY CHILDHOOD AND PRIMARY EDUCATION | Prof. Dr. Snezana Stavreva Veselinovska |
| | | 3 | PEACEFUL SOCIETY AND HEALTHY INDIVIDUAL FACTOR: THE HUMAN IMPORTANCE OF SOCIAL-EMOTIONAL LEARNING | Assoc. Prof. Nazile Abdullazade |
| | | 4 | EĞİTİMSEL AYRICALIK VE HABİTUSUN YENİDEN ÜRETİMİ: GAZİANTEP KOLEJ VAKFI (GKV) | Dr. Arş. Gör., Ümran AÇIKGÖZ |
| | | 5 | THE EFFECTS OF THE SANDWICH AND CAKE MODELS OF DYNAMIC ASSESSMENT ON EFL LEARNERS' READING ANXIETY AND SELF-EFFICACY IN THE COMPUTER-BASED CONTEXT | Prof. Dr. Abbas Ali Zarei |
| | | 6 | WEB 2.0 ARAÇLARINDAN CANVA'NIN 5. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN YAZMA MOTİVASYONUNA ETKİSİ | Prof. Dr., Oğuzhan SEVİM Öğr. Gör. Dr., Ali Uzun |
| | | 7 | BİR YAPAY ZEKÂ ARACI OLARAK COPILOT'UN 7.SINIF ÖĞRENCİLERİNİN YAZMA MOTİVASYONUNA ETKİSİ: DİJİTAL ÖYKÜ ÖRNEKLERİ | Öğr. Gör. Dr., Ali Uzun |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 4** | **Doç. Dr., Günce Demir** | 1 | READING JOHN STEINBECK'S "THE PEARL" THROUGH THE DICHOTOMY OF NATURE AND CULTURE | Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI |
| | | 2 | WAITING, STAYING AND LEAVING: FUTURE IMAGINARIES AND EXPERIENCES OF TEMPORARINESS AMONG SYRIAN, AFGHAN AND IRANIAN MIGRANTS İN TURKEY | Dr. Öğr. Üyesi Alper Kasımoğlu |
| | | 3 | BİR İMPARATORLUK ÇÖKERKEN SOSYOLOJİ NEDEN DOĞAR? Osmanlı'nın Son Yüzyılında "Toplumu Kurtarma" Arayışı ve Sosyolojinin Doğuşu | Doç. Dr., Günce Demir |
| | | 4 | ZİYA GÖKALP: DURKHEİM'DAN TÜRK SOSYOLOJİSİNE Bir Etki, Adaptasyon ve Kurumsallaşma İncelemesi | Doç. Dr., Günce Demir |
| | | 5 | SİGARA VE ALKOL KULLANIM ÖRÜNTÜLERİNİN ÖZ KONTROL VE SALDIRGANLIK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: ÖZ KONTROLÜN ARACI VE SİGARA KULLANIMININ DÜZENLEYİCİ ROLÜ | Doç. Dr. Zührem YAMAN<br>Dr. Hasan Suat AKSU |
| | | 6 | PARANORMAL İNANÇLARIN PSİKOLOJİK İYİ OLUŞ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNDE BELİRSİZLİĞE TAHAMMÜLSÜZLÜĞÜN ARACI ROLÜ: YETİŞKİN BİREYLER ÜZERİNE KESİTSEL BİR ARAŞTIRMA | Dr. Hasan Suat AKSU<br>Doç. Dr. Zührem YAMAN |
| | | 7 | ROMANTİK İLİŞKİ İNANÇLARI: BİBLİYOMETRİK ANALİZ | Dr. Öğr. Üyesi Müzeyyen SOYER<br>Tolgahan ÜNLÜ |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 5** | **Doç. Dr. Sezen Güngör** | 1 | GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP ALANINDA YAYIMLANAN MAKALELERİN İNCELENMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ | Prof. Dr. Yusuf ÖCEL |
| | | 2 | SAĞLIK TURİZMİ ALANINDA PAZARLAMA KONULU TEZLERİN İNCELENMESİ: ULUSAL TEZ MERKEZİ VERİ TABANI ÖRNEĞİ | Prof. Dr. Yusuf ÖCEL<br>Yüksek Lisans Öğrencisi Nilüfer KOCAMAN |
| | | 3 | AB FONLARI VE ZİHİNSEL MUHASEBE: HORIZON EUROPE VE ERASMUS+ HİBELERİNİN "BEDAVA PARA" OLARAK ALGILANMASI ÜZERİNE DAVRANIŞSAL BİR ANALİZ | Doç. Dr. Sezen Güngör<br>Dr. Kader EROL |
| | | 4 | SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PAZARLAMASINDA DAVRANIŞ-NİYET BOŞLUĞU (GREEN GAP): AHLAKİ LİSANSLAMA, ZAMANSAL İNDİRGEME VE DÜRTME STRATEJİLERİ ÜZERİNE BİR ANALİZ | Dr. Kader EROL<br>Doç. Dr. Sezen Güngör |
| | | 5 | TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİM KAYNAKLARI İLE İMALAT SANAYİ KAPASİTE KULLANIMI ARASINDAKİ DİNAMİK BAĞLANMIŞLIK | Arş. Gör. Melisa CEBECİ |
| | | 6 | TURİZM ALANINDA YAPILAN BİBLİYOMETRİK ÇALIŞMALARIN PROFİLİ: TR DİZİN ÖRNEĞİ | Dr. Öğr. Üyesi Serhat AYDIN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 6** | **Prof. Dr. Şermin TAĞ KALAFATOĞLU** | 1 | ENVIRONMENT–BEHAVIOR RESEARCH IN GRADUATE DESIGN STUDIES: INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVES FOR WISE DESIGN | Prof. Dr. Deniz Hasırcı |
| | | 2 | THE LIBRARY AS A LEARNING LANDSCAPE FOR BIOPHILIC INTERIOR DESIGN | Prof. Dr. Deniz Hasirci<br>Asst. Prof. Dr. İdil Bakır Küçükkaya<br>Asst. Prof. Dr. Gözde Damla Turhan Haskara<br>M.A. Gülçin Kabaçam Öçel |
| | | 3 | MODADA ATIKTAN ESTETİK DEĞERE: İLERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ GİYSİLER ÜZERİNE GÖSTERGEBİLİMSEL BİR İNCELEME | Dr. Öğr. Üyesi Tuğba SEFEROĞLU |
| | | 4 | ESRARENGİZ KASABA (GRAVITY FALLS) DİZİSİNDE CAMPBELL'IN MONOMİTİNİN KULLANIMI VE DÖNÜŞÜMÜ | Prof. Dr. Şermin TAĞ KALAFATOĞLU |
| | | 5 | DERVİŞ SOFRASINDAN ATIKSIZ MUTFAK'A: MEVLEVİ GASTRONOMİ MİRASI | Nefise BAŞARAN<br>Dr. Öğr. Üyesi Dilek ARDUZLAR KAĞAN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 7** | **Doç. Dr., Kazım Dağ** | 1 | GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER ARASINDA İŞSİZLİK VE SANAYİ ÜRETİMİ ŞOKLARININ YAYILIMI | Arş. Gör. Nurseli CAMİLİ |
| | | 2 | BANKACILIK CHATBOTLARINDA SOSYAL BULUNUŞLUKTAN SAVUNUCULUK NİYETİNE UZANAN SÜREÇTE GÜVEN VE MÜŞTERİ ETKİLEŞİMİNİN ROLÜ | Doç. Dr., Kazım Dağ<br>Doç. Dr., Sinan Çavuşoğlu |
| | | 3 | KRİPTO PARA PİYASASINDA VOLATİLİTE YAYILIMI VE BAĞLANMIŞLIK: DİEBOLD–YILMAZ YAKLAŞIMI | Arş.Gör., Zeynep Uslu |
| | | 4 | THEORETICAL ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN INFLATION AND TAX REVENUES | Dr. Öğretim Üyesi, Azad ERDEM<br>Yüksek Lisans Öğrencisi, Nejla KOZ |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 8** | **Doç. Dr. Hande Baba Kaya** | 1 | AİLELERİN ÇOCUKLARINI YÜZME SPORUNA YÖNLENDİRME NEDENLERİ VE ÇOCUKLARDA GÖZLENEN DAVRANIŞSAL DEĞİŞİMLER | Prof.Dr. Yeliz Eratlı Şirin<br>Hakkı Ataberk Dağlı |
| | | 2 | POST-TRUTH BAĞLAMINDA SPORDA ALGI VE İTİBAR YÖNETİMİ ÜZERİNE BİR DERLEME | Yeliz Cemre GÜMÜŞ<br>Doç. Dr. Pero Duygu DUMANGÖZ |
| | | 3 | EGZERSİZ BAĞIMLILIĞI VE PSİKOLOJİK FAKTÖRLER | Arş. Gör. Özhan Can YILMAZ<br>Dr. Öğrencisi, Sefa VURAL<br>Arş. Gör. Dr., İsa KAVALCI |
| | | 4 | EGZERSİZ BAĞIMLILIĞI: ÖLÇÜM SORUNLARI, YAYGINLIK TAHMİNLERİ VE KAVRAMSAL SINIRLAR | Arş. Gör. Dr., İsa KAVALCI<br>Dr. Öğrencisi, Sefa VURAL<br>Arş. Gör. Özhan Can YILMAZ |
| | | 5 | SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN HALK OYUNLARI DERSİNE YÖNELİK TUTUMLARININ ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLERE GÖRE İNCELENMESİ | Dr. Öğr. Üyesi Öznur Akpınar<br>Doç. Dr. Melek Kurşunel<br>Doç. Dr. Hande Baba Kaya<br>Prof. Dr. Selahattin Akpınar |
| | | 6 | SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN ÇÖZÜM ODAKLI DÜŞÜNCELERİNİN BAZI DEĞİŞKENLERE GÖRE İNCELENMESİ | Dr. Öğr. Üyesi Öznur Akpınar<br>Doç. Dr. Melek Kurşunel<br>Doç. Dr. Hande Baba Kaya<br>Prof. Dr. Selahattin Akpınar |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 9** | **Dr. Öğr. Üyesi Halit BAŞ** | 1 | DEATH, REBIRTH, AND THE TRANSFORMATION OF MATTER: RETHINKING THE HISTORICAL EPISTEMOLOGY OF ALCHEMY THROUGH SPLENDOR SOLIS | DENİZ SAYGI |
| | | 2 | ATASE BELGELERİNE GÖRE TRABLUSGARP HARBİ'NDE OSMANLI SEFARETLERİ VE ATAŞEMİLİTERLİKLERİNİN İSTİHBARAT FAALİYETLERİ | Dr. Öğr. Üyesi Halit BAŞ |
| | | 3 | I. DÜNYA SAVAŞI ASKERÎ TEKNOLOJİLERİNİN SÜREKLİLİĞİ VE TERK EDİLME NEDENLERİ | Erkan ÜNSALAN |
| | | 4 | FEMALE TYRANNY IN PHILIP RIDLEY'S DARK VANILLA JUNGLE | Arş. Gör. Hatice Şeyma ŞAHİN |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 1** | **Assoc. Prof. Dr. Dawit Gebremariam Assefa** | 1 | THE ROLE OF COMMUNITY-BASED SOCIAL WORK INTERVENTIONS IN REDUCING SOCIAL EXCLUSION AMONG ELDERLY POPULATIONS IN URBAN NEIGHBORHOODS | Prof. Dr. María González Fernández<br>Dr. Javier Martínez Ruiz<br>Assoc. Prof. Dr. Carmen López Sánchez |
| | | 2 | EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF DIGITAL SOCIAL SERVICES IN SUPPORTING VULNERABLE FAMILIES DURING PERIODS OF ECONOMIC CRISIS | Assis. Prof. Dr. Alejandro Romero Díaz<br>Laura Navarro Gómez |
| | | 3 | CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN DELIVERING CHILD PROTECTION SERVICES WITHIN RURAL COMMUNITIES: A QUALITATIVE INVESTIGATION | Prof. Dr. Abebe Bekele Wolde<br>Tigist Haile Mariam<br>Dr. Solomon Tadesse Gebre<br>Meseret Alemu Desta |
| | | 4 | THE IMPACT OF SOCIAL WORK PRACTICE ON EMPOWERING WOMEN THROUGH LOCAL COMMUNITY DEVELOPMENT PROGRAMS | Assoc. Prof. Dr. Dawit Gebremariam Assefa<br>Hana Girma Tesfaye |
| | | 5 | SOCIAL WORKERS' PERCEPTIONS OF POVERTY ALLEVIATION STRATEGIES IN MARGINALIZED URBAN SETTLEMENTS | Prof. Dr. Youssef El Amrani<br>Fatima Zahra Bennani<br>Assis. Prof. Dr. Khalid Ouazzani<br>Salma El Fassi<br>Dr. Rachid Benjelloun |
| | | 6 | INTEGRATING TRADITIONAL SUPPORT SYSTEMS AND PROFESSIONAL SOCIAL SERVICES FOR THE INTEGRATION OF REFUGEE POPULATIONS | Nadia Alaoui Idrissi<br>Assoc. Prof. Dr. Hamza Tazi Mezalek |
| | | 7 | THE INFLUENCE OF SCHOOL-BASED SOCIAL WORK ON REDUCING DROPOUT RATES AMONG ADOLESCENTS FROM DISADVANTAGED BACKGROUNDS | Dr. Imane Chraibi<br>Prof. Dr. Omar Berrada<br>Yasmine El Khattabi<br>Assis. Prof. Dr. Mehdi Sabri<br>Karim Belghiti<br>Houda Naciri |
| | | 8 | EXPLORING THE MENTAL HEALTH OUTCOMES OF SOCIAL SUPPORT INTERVENTIONS FOR SINGLE MOTHERS IN METROPOLITAN AREAS | Prof. Dr. Mohammad Reza Ahmadi<br>Zahra Hosseini Nejad |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 2** | **Dr. Goran Stojanovski** | 1 | THE ROLE OF SUFI TRADITIONS IN SHAPING RELIGIOUS IDENTITY AMONG MUSLIM COMMUNITIES IN CENTRAL ASIA | Prof. Dr. Aliya Tulegenova<br>Nurlan Bekmuratov |
| | | 2 | DIVINE JUSTICE AND HUMAN RESPONSIBILITY IN CLASSICAL ISLAMIC THEOLOGY: A COMPARATIVE READING OF MATURIDI AND ASHARI THOUGHT | Assoc. Prof. Dr. Dinara Sarsenbayeva<br>Yerlan Kudaibergenov<br>Aigerim Zhaksylykova |
| | | 3 | INTERRELIGIOUS DIALOGUE AND COEXISTENCE IN THE BALKANS: THEOLOGICAL FOUNDATIONS FOR PEACEBUILDING IN MULTIETHNIC SOCIETIES | Dr. Goran Stojanovski<br>Elena Petrovska |
| | | 4 | THE CONCEPT OF DIVINE MERCY IN ORTHODOX CHRISTIAN AND ISLAMIC THEOLOGICAL TRADITIONS: POINTS OF CONVERGENCE | Assis. Prof. Dr. Marija Trajkovska<br>Vladimir Nikolovski<br>Blagoja Angelov<br>Ana Dimitrievska |
| | | 5 | AFRICAN TRADITIONAL RELIGION AND CHRISTIAN THEOLOGY: RETHINKING SALVATION AND COMMUNITY IN POSTCOLONIAL WEST AFRICA | Prof. Dr. Chukwuemeka Okonkwo<br>Adebayo Ogunleye<br>Ngozi Eze |
| | | 6 | PENTECOSTALISM, PROSPERITY GOSPEL, AND SOCIAL ETHICS: A CRITICAL THEOLOGICAL EVALUATION OF CONTEMPORARY NIGERIAN CHURCHES | Assoc. Prof. Dr. Ifeoma Nwankwo<br>Emeka Obi<br>Fatima Bello<br>Oluwaseun Adeyemi<br>Chidinma Uche |
| | | 7 | THEOLOGY OF SUFFERING AND HOPE IN THE CONTEXT OF RELIGIOUS CONFLICT AND DISPLACEMENT IN NORTHERN NIGERIA | Dr. Yusuf Abubakar<br>Grace Okafor |
| | | 8 | RELIGIOUS PLURALISM AND STATE GOVERNANCE: THEOLOGICAL PERSPECTIVES ON HARMONY IN A MULTIFAITH SOCIETY | Prof. Dr. Wei Ming Tan<br>Siti Nurhaliza Binte Rahman<br>Rajesh Kumar |
| | | 9 | COMPARATIVE ESCHATOLOGY IN BUDDHIST AND CHRISTIAN THOUGHT: DEATH, REBIRTH, AND ULTIMATE DESTINY | Assis. Prof. Dr. Li Hui Chen<br>Daniel Lim |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 3** | **Prof. Dr. Ana Stojanovska** | 1 | THE ROLE OF TRADITIONAL ORNAMENTAL MOTIFS IN CONTEMPORARY KAZAKH VISUAL ART EDUCATION | Prof. Dr. Aigerim Nurlanova<br>Yerlan Suleimenov<br>Dr. Dana Akhmetova |
| | | 2 | REINTERPRETING NOMADIC AESTHETICS: DIGITAL MEDIA AND THE PRESERVATION OF CENTRAL ASIAN ARTISTIC HERITAGE | Assoc. Prof. Dr. Nurzhan Kaliyev<br>Aliya Zhaksybekova<br>Timur Abenov<br>Gulnara Omarova<br>Dr. Bekzat Tulegenov |
| | | 3 | SYMBOLISM AND IDENTITY IN POST-BYZANTINE FRESCO PAINTING: A STUDY OF BALKAN SACRED SPACES | Prof. Dr. Ana Stojanovska<br>Marko Petrovski |
| | | 4 | THE INFLUENCE OF FOLK TEXTILE PATTERNS ON MODERN GRAPHIC DESIGN PRACTICES IN THE WESTERN BALKANS | Assist. Prof. Dr. Elena Trajkovska<br>Nikola Dimitrov<br>Ivana Georgieva<br>Goran Nikolovski<br>Dr. Marija Ristovska<br>Aleksandar Jovanov |
| | | 5 | MASQUERADE AS PERFORMANCE ART: RITUAL, COMMUNITY, AND CULTURAL CONTINUITY IN WEST AFRICAN TRADITIONS | Ngozi Eze<br>Dr. Ibrahim Musa |
| | | 6 | CONTEMPORARY NIGERIAN SCULPTURE AND THE NEGOTIATION OF POSTCOLONIAL IDENTITY IN PUBLIC SPACES | Assoc. Prof. Dr. Oluwaseun Adeyemi |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 4** | **Assist. Prof. Dr. Fabrice Aïhonnou Léonie Tchibozo** | 1 | THE ROLE OF DIGITAL COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN SHAPING INTERPERSONAL TRUST AMONG UNIVERSITY STUDENTS IN THE POST-PANDEMIC ERA | Dr. Dmitry Sokolov Anastasia Volkova Dr. Mikhail Popov |
| | | 2 | CROSS-CULTURAL COMMUNICATION BARRIERS AND THEIR IMPACT ON INTERNATIONAL BUSINESS NEGOTIATIONS IN EMERGING MARKETS | Dr. Sylvain Adjovi Elena Kuznetsova |
| | | 3 | THE INFLUENCE OF MOBILE COMMUNICATION PLATFORMS ON RURAL COMMUNITY DEVELOPMENT AND AGRICULTURAL KNOWLEDGE SHARING | Prof. Dr. Rodrigue Gbaguidi Célestin Dossou Assoc. Prof. Dr. Marie-Claire Houngbédji Kofi Ahouansou |
| | | 4 | NONVERBAL COMMUNICATION PATTERNS IN TRADITIONAL CEREMONIES AND THEIR PRESERVATION THROUGH MODERN MEDIA | Assist. Prof. Dr. Fabrice Aïhonnou Léonie Tchibozo |
| | | 5 | SOCIAL MEDIA COMMUNICATION STRATEGIES AND THEIR EFFECTS ON PUBLIC HEALTH AWARENESS CAMPAIGNS IN URBAN POPULATIONS | Prof. Dr. Budi Santoso Siti Rahmawati Agus Wijaya Dr. Dewi Lestari Rangga Pratama Assoc. Prof. Dr. Nurul Hidayah |
| | | 6 | ORGANIZATIONAL COMMUNICATION CLIMATE AND EMPLOYEE ENGAGEMENT IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS | Assoc. Prof. Dr. Bambang Sutrisno Indah Permatasari |
| | | 7 | INTERCULTURAL COMMUNICATION COMPETENCE AMONG MULTILINGUAL STUDENTS IN DIGITAL LEARNING ENVIRONMENTS | Dr. Andi Nugroho Fitri Handayani |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 5** | **Assis. Prof. Dr. Wu Chia-** | 1 | COMPARATIVE ANALYSIS OF CONSTITUTIONAL SAFEGUARDS FOR DIGITAL PRIVACY RIGHTS IN POST-SOVIET LEGAL SYSTEMS | Prof. Dr. Aizhan Nurlanovna Serikbayeva Yerlan Baurzhanuly Tazhibayev Dr. Gulnara Amankeldiqyzy Omarova |
| | | 2 | THE EVOLUTION OF CORPORATE GOVERNANCE FRAMEWORKS AND SHAREHOLDER PROTECTION UNDER EMERGING MARKET REGULATION **Assoc.** | Prof. Dr. Nurlan Serikuly Abenov Dinara Muratovna Kaliyeva |
| | | 3 | LEGAL MECHANISMS FOR RESOLVING COMMERCIAL DISPUTES THROUGH ARBITRATION IN TRANSITIONAL ECONOMIES | Prof. Dr. Ahmed Abdullah Al-Hakimi Fatima Mohammed Al-Sabri Assis. Prof. Dr. Khaled Nasser Al-Maqtari Salem Ali Al-Awlaki |
| | | 4 | JUDICIAL INDEPENDENCE AND THE RULE OF LAW DURING PERIODS OF POLITICAL INSTABILITY: A CRITICAL ASSESSMENT **Dr.** | Marwan Saleh Al-Dhamari Abdulrahman Hamid Al-Wasabi |
| | | 5 | INTELLECTUAL PROPERTY ENFORCEMENT AND CROSS-BORDER LICENSING IN THE SEMICONDUCTOR INDUSTRY | Prof. Dr. Chen Wei-Chen Lin Mei-Ling Assoc. Prof. Dr. Huang Chih-Hao Wang Yu-Ting Dr. Tsai Ming-Jer |
| | | 6 | REGULATORY APPROACHES TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE LIABILITY AND ALGORITHMIC ACCOUNTABILITY IN CIVIL LAW | Assis. Prof. Dr. Wu Chia-Ling Kuo Cheng-Yu |
| | | 7 | ENVIRONMENTAL LAW AND CORPORATE COMPLIANCE OBLIGATIONS UNDER TRANSNATIONAL CLIMATE AGREEMENTS | Prof. Dr. Yang Hsiu-Chen Liu Kuan-Ting Dr. Cheng Shu-Fen Lai Wen-Hsiung |
| | | 8 | THE INTERSECTION OF CONSTITUTIONAL RIGHTS AND PERSONAL DATA PROTECTION IN THE DIGITAL AGE | Prof. Dr. Rajesh Kumar Sharma Priya Ramesh Iyer Dr. Anil Kumar Verma |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 6** | **Assoc. Prof. Dr. Nabil Mansouri** | 1 | THE IMPACT OF OIL PRICE VOLATILITY ON MACROECONOMIC STABILITY IN RESOURCE-DEPENDENT ECONOMIES | Prof. Dr. Nurlan Abenov<br>Aigerim Satybaldieva<br>Assoc. Prof. Dr. Bauyrzhan Tulegenov |
| | | 2 | FOREIGN DIRECT INVESTMENT AND ECONOMIC GROWTH: EVIDENCE FROM TRANSITION MARKETS IN CENTRAL ASIA | Zhanar Omarova Assis.<br>Prof. Dr. Kairat Dzhaksybekov |
| | | 3 | MONETARY POLICY TRANSMISSION MECHANISMS AND INFLATION DYNAMICS IN EMERGING NORTH AFRICAN ECONOMIES | Prof. Dr. Mohamed Ben Salah Amira Trabelsi Sami Gharbi Dr. Faten Bouzid Assoc. Prof. Dr. Nabil Mansouri |
| | | 4 | THE ROLE OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN REDUCING UNEMPLOYMENT AND FOSTERING REGIONAL DEVELOPMENT | Rania Jelassi<br>Dr. Khaled Hammami |
| | | 5 | EXCHANGE RATE FLUCTUATIONS AND THEIR EFFECTS ON EXPORT COMPETITIVENESS IN DEVELOPING SOUTH ASIAN COUNTRIES | Prof. Dr. Muhammad Imran Khan<br>Fatima Zahra Malik<br>Ahmed Raza Sheikh<br>Assis. Prof. Dr. Bilal Ahmad |
| | | 6 | THE EFFECTS OF TRADE LIBERALIZATION AND TARIFF REFORMS ON DOMESTIC INDUSTRIAL PRODUCTIVITY | Prof. Dr. Saad Ibrahim Naser<br>Rusul Hameed Aziz |
| | | 7 | OIL REVENUE MANAGEMENT AND ECONOMIC DIVERSIFICATION STRATEGIES IN RENTIER STATES | Hassan Falah Al-Obaidi<br>Assoc. Prof. Dr. Marwa Salim<br>Yousif Kareem<br>Dr. Noor Abbas Hamid |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 7** | **Assis. Prof. Dr. Sami Gharbi** | 1 | THE IMPACT OF BLENDED LEARNING ENVIRONMENTS ON STUDENT MOTIVATION AND ACADEMIC ACHIEVEMENT IN SECONDARY EDUCATION | Prof. Dr. Ion Munteanu<br>Elena Rusu<br>Dr. Cristina Ciobanu |
| | | 2 | INVESTIGATING THE ROLE OF DIGITAL COMPETENCE AMONG UNIVERSITY LECTURERS IN THE POST-PANDEMIC TEACHING TRANSITION | Vasile Popescu |
| | | 3 | EVALUATING THE ADOPTION OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY TOOLS FOR IMPROVING LEARNING OUTCOMES IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS | Prof. Dr. Frank Nyerere<br>Halima Juma |
| | | 4 | BARRIERS TO GIRLS' ACCESS TO QUALITY EDUCATION IN RESOURCE-CONSTRAINED COMMUNITIES: A QUALITATIVE STUDY | Assoc. Prof. Dr. Rehema Kileo<br>Dr. Salum Ally<br>Joyce Mtei |
| | | 5 | THE INFLUENCE OF SCHOOL LEADERSHIP STYLES ON TEACHER JOB SATISFACTION AND RETENTION IN PUBLIC SECONDARY SCHOOLS | Prof. Dr. Juma Mwakalinga<br>Neema Kimaro<br>Dr. Baraka Mushi<br>Asha Mbwana<br>Emmanuel Shirima<br>Grace Mollel |
| | | 6 | THE RELATIONSHIP BETWEEN PARENTAL INVOLVEMENT AND READING COMPREHENSION OUTCOMES IN RURAL PUBLIC SCHOOLS | Assoc. Prof. Dr. Ricardo Bautista<br>Divina Reyes<br>Dr. Marco Aguilar |
| | | 7 | EXPLORING THE EFFECTIVENESS OF MOBILE-ASSISTED LANGUAGE LEARNING ON ENGLISH VOCABULARY ACQUISITION AMONG COLLEGE STUDENTS | Prof. Dr. Jose Antonio Ramirez<br>Maria Cristina Santos<br>Dr. Ferdinand Dela Cruz<br>Grace Villanueva<br>Rodel Mercado |
| | | 8 | TEACHERS' PERCEPTIONS OF INCLUSIVE EDUCATION PRACTICES AND THE CHALLENGES OF SUPPORTING LEARNERS WITH SPECIAL NEEDS | Assis. Prof. Dr. Sami Gharbi<br>Nadia Chaabane |

| EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES<br>September 3-8, 2026 - Tiran<br>Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5 Eylül / Sep 5, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)** | | | | |
| **Salon** | **Moderator** | | **Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title** | **Authors** |
| **HALL / SALON 8** | **Assoc. Prof. Dr. Carmela Aquino** | 1 | TRADITIONAL BATIK MOTIFS AS VISUAL LANGUAGE: RECONSTRUCTING CULTURAL IDENTITY IN CONTEMPORARY INDONESIAN PAINTING | Prof. Dr. Bambang Sutrisno Dewi Anggraini Assoc. Prof. Dr. Rizki Pratama Nur Aini Wulandari |
| | | 2 | THE ROLE OF WAYANG AESTHETICS IN SHAPING MODERN DIGITAL ILLUSTRATION AND ANIMATION PRACTICE | Dr. Siti Rahayu Ahmad Nugroho |
| | | 3 | COMMUNITY MURALS AS INSTRUMENTS OF SOCIAL HEALING IN POST-DISASTER URBAN SPACES | Prof. Dr. Maria Clara Santos Jose Antonio Reyes Assist. Prof. Dr. Ana Beatriz Cruz Ricardo dela Cruz Dr. Josefina Bautista Miguel Villanueva |
| | | 4 | INDIGENOUS WEAVING PATTERNS AND THEIR REINTERPRETATION IN CONTEMPORARY FIBER ART | Assoc. Prof. Dr. Carmela Aquino |
| | | 5 | COLONIAL LEGACY AND POSTCOLONIAL EXPRESSION IN THE VISUAL ARTS OF SOUTHEAST ASIA | Dr. Ramon Mercado Luisa Fernandez Prof. Dr. Emilio Navarro |
| | | 6 | RELIGIOUS ICONOGRAPHY AND FOLK DEVOTION IN THE SACRED PAINTING TRADITIONS OF THE ISLANDS | Prof. Dr. Teresa Gonzales Antonio del Rosario Dr. Beatriz Salazar Fernando Ocampo Assist. Prof. Dr. Corazon Lim |
| | | 7 | PARTICIPATORY ART EDUCATION AND ITS IMPACT ON YOUTH CREATIVE DEVELOPMENT IN RURAL COMMUNITIES | Assoc. Prof. Dr. Rafael Domingo Isabel Marquez |
| | | 8 | SYMBOLISM AND SPIRITUALITY IN SENEGALESE GLASS PAINTING: TRADITION MEETING MODERNITY | Prof. Dr. Amadou Diallo Fatou Ndiaye Assist. Prof. Dr. Ousmane Sarr Aïssatou Fall |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# Contents

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLYWOOD MADE FROM OAK VENEERS ..... 1

ARITILMIŞ ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN TARIMSAL SULAMADA YENİDEN KULLANIMININ BİBER (Capsicum Annuum) ÇİMLENMESİ VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ ..... 11

ATIKSU ARITMA SUYUNUN DOMATES (Lycopersicon esculentum) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TARIMSAL SULAMADA TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİ, ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ ..... 29

PASİF ÖRNEKLEME YAKLAŞIMIYLA ÜNİVERSİTE BİNALARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖRNEĞİ ..... 48

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ASSISTED PREDICTION OF APPARENT PH STABILITY IN VITAMIN C AND AMOXICILLIN/CLAVULANATE-LOADED LECITHIN–HYDROGEL COMPOSITE FORMULATIONS ..... 65

EVALUATION OF THE EFFECT OF BLAST-INDUCED VIBRATIONS ON OPEN PIT SLOPE STABILITY BY NUMERICAL MODELING ..... 67

DUYGU ANALİZİNDE METİN TEMSİLİ VE MODEL PERFORMANSININ KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ: IMDB VERİ SETİ ÖRNEĞİ ..... 81

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED AUTONOMOUS FLIGHT SAFETY AND DECISION-MAKING FRAMEWORK FOR HIGH-SPEED ROCKET SYSTEMS ..... 94

RADIATION PROTECTION EFFICIENCY (RPE) ANALYSIS OF LILLIANITE ($Pb_3Bi_2S_6$) AND GALENOBISMUTITE ($PbBi_2S_4$) SULFOSALTS AGAINST GAMMA RADIATION ..... 103

CALIBRATION AND STATISTICAL CHARACTERIZATION OF SPECTRAL SHAPE PARAMETERS FOR SOFT SOIL GROUND MOTIONS ..... 112

TRANSFORMER TABANLI DİL MODELLERİNDE STEREOTİPİK ÖNYARGININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ ..... 113

KRONİK HASTALIKLARIN YÖNETİMİNDE MATEMATİK TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMLARI ..... 128

THE ROLE OF DOCK SYSTEMS IN MAINTENANCE SAFETY IN AIRCRAFT MAINTENANCE OPERATIONS ..... 129

MANDİBULAR ANTERİOR BÖLGEDEKİ MUKOGİNGİVAL DEFEKTLERİN SERBEST DİŞETİ GREFTİ İLE TEDAVİSİ: BİR VAKA SERİSİ ..... 138

MAKSİLLADA PROTEZE BAĞLI YAYGIN HİPERPLAZİNİN CERRAHİ EKSİZYON VE SERBEST DİŞETİ GREFTİ İLE YÖNETİMİ: BİR OLGU SUNUMU ..... 139

MANDİBULAR ANTERİOR EPULİSİN PREPROTETİK CERRAHİ YÖNETİMİNDE VESTİBÜLER SULKUS MORFOLOJİSİNİN KORUNMASI: OLGU SUNUMU ..... 140

YÜKSEK MAKSİLLER LABİAL FRENULUM ATAŞMANININ CERRAHİ YÖNETİMİ VE MUKOGİNGİVAL MORFOLOJİNİN OPTİMİZASYONU: OLGU SUNUMU ..... 143

MAKSİLLER ANTERİOR BÖLGEDE LOKALİZE REAKTİF GİNGİVAL LEZYONUN CERRAHİ YÖNETİMİ: PİYOJENİK GRANÜLOM OLGUSU ..... 146

MAKSİLLER LABİAL MUKOZADA LOKALİZE MUKOSELİN CERRAHİ YÖNETİMİ VE HİSTOPATOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİ: OLGU SUNUMU ..... 148

İMPLANT ÇEVRESİ KERATİNİZE DOKU YETERSİZLİĞİNE EŞLİK EDEN YUMUŞAK DOKU ÇEKİLMESİNİN SERBEST DİŞ ETİ GREFTİ İLE CERRAHİ YÖNETİMİ: OLGU SUNUMU ..... 150

MANDİBULAR POSTERİOR BÖLGEDE KİSTİK LEZYON ENÜKLEASYONU SONRASI OLUŞAN KEMİK DEFEKTİNİN PRF İLE YÖNETİMİ: OLGU SUNUMU ..... 152

İLERİ POSTERİOR MAKSİLLER ATROFİDE LATERAL SİNÜS LİFT VE AŞAMALI İMPLANT YERLEŞİMİ: OLGU SUNUMU ..... 154

MAKSİLLER VE MANDİBULAR GİNGİVAL ÇEKİLMELERİN BAĞ DOKUSU VE SERBEST DİŞ ETİ GREFTLERİYLE TEDAVİSİ: 2 YILLIK OLGU TAKİBİ ..... 156

INFLUENCE OF PEEK AND TITANIUM IMPLANT SCAN BODIES ON THE ACCURACY OF DIGITAL IMPLANT IMPRESSIONS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS ..... 158

MAKSİLLER MUKOZAL APSE YÖNETİMİNDE CERRAHİ DRENAJIN SÜRDÜRÜLMESİNE YÖNELİK SÜTÜRLE FİKSE DREN UYGULAMASI: OLGU SUNUMU ..... 159

PROTETİK REHABİLİTASYON ÖNCESİ POSTEKSTRAKSİYONEL ALVEOLER KRET MORFOLOJİSİNİN CERRAHİ OPTİMİZASYONU: MANDİBULAR ALVEOLOPLASTİ OLGU SUNUMU ..... 161

ÜÇ SERBESTLİK DERECELİ ROBOT KOLUNUN GENETİK ALGORİTMA İLE PID PARAMETRE OPTİMİZASYONU ..... 163

YAŞLI BİREYLERDE MONTESSORİ TEMELLİ UYGULAMALARIN KOGNİTİF FONKSİYON VE GÜNLÜK YAŞAM AKTİVİTELERİNE ETKİSİ: RANDOMİZE KONTROLLÜ ÇALIŞMA PROTOKOLÜ ..... 177

MENOPOZ DÖNEMİNDE SEMPTOM YÖNETİMİNE YÖNELİK GÜNCEL KANITA DAYALI YAKLAŞIMLAR: ANLATISAL DERLEME ..... 189

BREASTFEEDİNG İN THE AGE OF THE CLİMATE CRİSİS: A REVİEW FROM THE PERSPECTİVE OF MATERNAL INFANT HEALTH AND SUSTAİNABLE NUTRITION ..... 204

DİGİTAL TRANSFORMATİON İN BREASTFEEDİNG COUNSELİNG: MOBİLE APPLİCATİONS, TELEHEALTH, AND SOCİAL MEDİA-BASED SUPPORT APPROACHES ..... 211

YÜKSEK KUBBELİ DAMAK MORFOLOJİSİNE SAHİP 6-9 YAŞ ÇOCUKLARDA ARTİKÜLASYON HATALARININ İNCELENMESİ ..... 219

KARDEŞLER ARASINDA PAYLAŞILMIŞ KEKEMELİK: ÜÇ VAKA ÜZERİNDEN KLİNİK BİR DEĞERLENDİRME ..... 221

FUTBOL OKULLARINDA EĞİTİM ALAN ÇOCUKLARIN AKADEMİK BAŞARI ALGILARININ İNCELENMESİ 223

KLİMAKTERİK DÖNEM KADIN SAĞLIĞI SORUNLARI VE KANITA DAYALI UYGULAMALAR ..... 236

GEBELİK VE CİNSEL YAŞAM ..... 254

MERHAMET YORGUNLUĞU: ONKOLOJİ HEMŞİRELİĞİ ÜZERİNE BİR DERLEME ..... 265

COMPASSION FATIGUE: A REVIEW ON ONCOLOGY NURSING ..... 266

COCCIDIOSIS IN CATTLE ..... 277

ABOMASAL ULCERS IN CATTLE ..... 284

IDENTIFICATION OF AKAP13 POLYMORPHISM IN SOME NATIVE TURKISH GOAT BREEDS ..... 291

ANKARA İLİNDE YETİŞTİRİLEN AKKARAMAN KOYUNLARINDA BAZI DÖL VERİMİ ÖLÇÜTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ..... 300

TÜRKİYE'DE KÜÇÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN EKONOMİK ÖZELLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ ..... 308

CIMEX LECTULARIUS (HEMIPTERA) TÜRÜNDE ADLİ TIPTAKİ UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME ..... 321

*SCHYZOCOTYLE ACHEILOGNATHI* (PLATYHELMINTHES) TÜRÜNDE INTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ITS) GEN DİZİSİNİN TANIMLAMASI ..... 337

TARIMSAL ÜRETİMDE DRONE TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI VE UYGULAMA ALANLARI ..... 352

AGROEKOSİSTEMDE BÖCEKLERİN ÇOĞALMASINI OLUMSUZ ETKİ EDEN ABİYOTİK FAKTÖRLER ..... 365

PEPPERMİNT ve SPEARMİNT ÇAYLARINDA DEMLEME SICAKLIĞININ TOPLAM FENOLİK MADDE ve ANTİOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİSİ ..... 376

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES TO HIGH TEMPERATURE AND DARKNESS STRESS IN MAIZE SEEDLINGS ..... 383

PARATRANSİT SİSTEMLERDE ÖDEME TEKNOLOJİLERİ VE ENTEGRASYON YAKLAŞIMLARI: ULUSAL VE ULUSLARARASI LİTERATÜRÜN KAPSAMLI BİR DEĞERLENDİRMESİ ..... 395

YAPAY AGREGA TÜRLERİ VE ASFALT KARIŞIMLARDA KULLANIMLARININ İNCELENMESİ ..... 406

TEK YÜZÜNDE DAİRESEL DELİK BULUNAN İNCE CİDARLI PASLANMAZ ÇELİK KUTU PROFİLLERİN DOĞRUSAL OLMAYAN BASINÇ VE YEREL BURKULMA DAVRANIŞININ SAYISAL İNCELENMESİ ..... 416

ENDÜSTRİ 1.0'DAN İNŞAAT 5.0'A: DİJİTALLEŞME, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE İNSAN MERKEZLİ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDE İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNİN EVRİMİ ..... 425

SÜRŞARJ YÜKLERİ ALTINDA DAYANMA DUVARI DAVRANIŞININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ ..... 436

QUANTIFYING PRIVACY LEAKAGE IN RESIDENTIAL FLOOR PLANS USING SEMANTIC ROOM GRAPHS443

EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE OF BOVINE TUBERCULOSIS IN EXTENSIVE CATTLE FARMING SYSTEMS OF THE MEDITERRANEAN REGION ..... 461

ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS OF ESCHERICHIA COLI ISOLATED FROM POULTRY FLOCKS AND ITS PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS ..... 462

PREVALENCE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH GASTROINTESTINAL PARASITIC INFECTIONS IN SMALLHOLDER DAIRY CATTLE ..... 463

SEROPREVALENCE OF PESTE DES PETITS RUMINANTS VIRUS IN INDIGENOUS SHEEP AND GOAT POPULATIONS UNDER PASTORAL MANAGEMENT ..... 464

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE VIRUS SEROTYPES CIRCULATING IN NORTH AFRICAN LIVESTOCK POPULATIONS ..... 465

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

IMPACT OF THERMAL STRESS ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE AND MILK YIELD IN HOLSTEIN DAIRY COWS UNDER SEMI-ARID CONDITIONS ..... 466

DETECTION AND ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN SUBCLINICAL MASTITIS CASES FROM SMALL-SCALE DAIRY HERDS ..... 467

SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES RETROFITTED WITH CARBON FIBER REINFORCED POLYMER JACKETING IN HIGH-RISK ZONES ..... 468

INTEGRATION OF BUILDING INFORMATION MODELING AND ENERGY SIMULATION FOR SUSTAINABLE RESIDENTIAL ARCHITECTURE IN CONTINENTAL CLIMATE CONDITIONS ..... 469

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF LONG-SPAN STEEL TRUSS BRIDGES UNDER COMBINED THERMAL AND DYNAMIC TRAFFIC LOADING ..... 470

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LATERITIC SOIL STABILIZATION USING RICE HUSK ASH AND CEMENT FOR LOW-COST ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION ..... 472

OPTIMIZATION OF PASSIVE COOLING TECHNIQUES IN VERNACULAR ARCHITECTURE FOR TROPICAL CLIMATE ENERGY EFFICIENCY ..... 473

DURABILITY AND MECHANICAL BEHAVIOR OF SELF-COMPACTING CONCRETE INCORPORATING RECYCLED COARSE AGGREGATES AND SILICA FUME ..... 474

RESILIENCE-BASED DESIGN OF URBAN DRAINAGE INFRASTRUCTURE FOR FLOOD MITIGATION UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN DENSE COASTAL CITIES ..... 475

OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS IN CNC TURNING OF STAINLESS STEEL USING TAGUCHI-BASED SURFACE ROUGHNESS ANALYSIS ..... 476

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRESS DISTRIBUTION IN COMPOSITE LEAF SPRINGS FOR LIGHTWEIGHT AUTOMOTIVE SUSPENSION SYSTEMS ..... 477

DEVELOPMENT OF A HYBRID PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING MODULE FOR VIBRATION-DRIVEN INDUSTRIAL SENSOR APPLICATIONS ..... 478

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS STUDY OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT IN MICROCHANNEL HEAT SINKS USING NANOFLUID COOLANTS ..... 479

DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF A LOW-COST SOLAR-POWERED WATER PUMPING SYSTEM FOR RURAL AGRICULTURAL IRRIGATION ..... 480

WEAR AND FRICTION CHARACTERIZATION OF SILICON CARBIDE-REINFORCED ALUMINUM MATRIX COMPOSITES FABRICATED BY STIR CASTING ..... 481

COMPARATIVE ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN URBAN RIVER SEDIMENTS UNDER SEMI-ARID CLIMATIC CONDITIONS ..... 482

MEMBRANE BIOREACTOR PERFORMANCE FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE IN WATER-STRESSED REGIONS OF CENTRAL ASIA ..... 483

PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF PHARMACEUTICAL POLLUTANTS USING MODIFIED TITANIUM DIOXIDE NANOCOMPOSITES ..... 484

LIFE CYCLE ANALYSIS OF SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGIES IN RAPIDLY EXPANDING COASTAL CITIES ..... 485

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

MICROPLASTIC OCCURRENCE AND SEASONAL DISTRIBUTION IN COLD-WATER FJORD ECOSYSTEMS ..... 486

OPTIMIZATION OF ANAEROBIC DIGESTION FOR BIOGAS RECOVERY FROM FISH PROCESSING WASTE STREAMS ..... 487

OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF DIETARY FIBRE FROM RYE BRAN FOR BAKERY APPLICATIONS ..... 488

DEVELOPMENT OF EDIBLE COATINGS BASED ON CHITOSAN AND OLIVE LEAF EXTRACT TO EXTEND SHELF LIFE OF DATE FRUITS ..... 490

KINETIC MODELLING OF THIN-LAYER DRYING OF MANGO SLICES USING SOLAR-ASSISTED HYBRID DRYERS ..... 491

PHYSICOCHEMICAL AND RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF STABILIZED YOGHURT ENRICHED WITH GERMINATED CHICKPEA FLOUR ..... 492

INFLUENCE OF FERMENTATION CONDITIONS ON THE PROBIOTIC VIABILITY AND TEXTURE OF TRADITIONAL SERBIAN KAJMAK ..... 493

VALORIZATION OF APPLE POMACE INTO PECTIN AND POLYPHENOL-RICH POWDERS FOR CLEAN-LABEL FOOD FORMULATIONS ..... 494

THE IMPACT OF STRUCTURED NURSE-LED EDUCATION PROGRAMS ON MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE ..... 495

EVALUATING BURNOUT AND EMOTIONAL EXHAUSTION LEVELS AMONG INTENSIVE CARE UNIT NURSES DURING PROLONGED SHIFT SCHEDULES ..... 496

ASSESSING HAND HYGIENE COMPLIANCE AND ITS ASSOCIATION WITH HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS IN SURGICAL WARDS ..... 497

THE ROLE OF NURSING INTERVENTIONS IN REDUCING POSTOPERATIVE ANXIETY AMONG PATIENTS UNDERGOING MAJOR ABDOMINAL SURGERY ..... 498

KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICES REGARDING PRESSURE ULCER PREVENTION AMONG NURSES IN TERTIARY CARE HOSPITALS ..... 499

FACTORS INFLUENCING PATIENT SATISFACTION WITH NURSING CARE QUALITY IN PUBLIC AND PRIVATE HEALTHCARE SETTINGS ..... 500

THE EFFECTIVENESS OF SIMULATION-BASED TRAINING IN IMPROVING CLINICAL DECISION-MAKING SKILLS OF NURSING STUDENTS ..... 501

THE IMPACT OF STRUCTURED NURSE-LED EDUCATION PROGRAMS ON MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE ..... 502

EVALUATING BURNOUT AND EMOTIONAL EXHAUSTION LEVELS AMONG INTENSIVE CARE UNIT NURSES DURING PROLONGED SHIFT SCHEDULES ..... 503

ASSESSING HAND HYGIENE COMPLIANCE AND ITS ASSOCIATION WITH HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS IN SURGICAL WARDS ..... 504

THE ROLE OF NURSING INTERVENTIONS IN REDUCING POSTOPERATIVE ANXIETY AMONG PATIENTS UNDERGOING MAJOR ABDOMINAL SURGERY ..... 505

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICES REGARDING PRESSURE ULCER PREVENTION AMONG NURSES IN TERTIARY CARE HOSPITALS ..... 506

FACTORS INFLUENCING PATIENT SATISFACTION WITH NURSING CARE QUALITY IN PUBLIC AND PRIVATE HEALTHCARE SETTINGS ..... 507

THE EFFECTIVENESS OF SIMULATION-BASED TRAINING IN IMPROVING CLINICAL DECISION-MAKING SKILLS OF NURSING STUDENTS ..... 508

OPTIMIZATION OF PRECISION IRRIGATION SCHEDULING USING SOIL MOISTURE SENSOR NETWORKS FOR SUSTAINABLE CEREAL PRODUCTION UNDER CENTRAL EUROPEAN DROUGHT CONDITIONS .... 509

DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS FIELD ROBOTS EQUIPPED WITH DEEP-LEARNING VISION SYSTEMS FOR SELECTIVE MECHANICAL WEED CONTROL IN ORGANIC FARMING ..... 510

INTEGRATION OF SATELLITE REMOTE SENSING AND MACHINE LEARNING MODELS FOR EARLY DETECTION OF NITROGEN DEFICIENCY IN GREENHOUSE HORTICULTURE ..... 511

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF VERTICAL FARMING SYSTEMS AND THEIR ROLE IN REDUCING WATER FOOTPRINT OF LEAFY VEGETABLE SUPPLY CHAINS ..... 512

ASSESSMENT OF POST-HARVEST STORAGE TECHNOLOGIES FOR REDUCING QUALITY LOSSES IN ARCTIC BERRY PRODUCTION VALUE CHAINS ..... 513

EVALUATION OF ANAEROBIC DIGESTION SYSTEMS FOR CONVERTING LIVESTOCK MANURE INTO RENEWABLE BIOGAS ON SMALL-SCALE NORWEGIAN FARMS ..... 514

APPLICATION OF INTERNET-OF-THINGS SENSORS AND DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR SUSTAINABLE VINEYARD MANAGEMENT IN THE AEGEAN REGION ..... 515

OPTIMIZING GRID-SCALE LITHIUM-ION BATTERY STORAGE FOR INTERMITTENT RENEWABLE ENERGY INTEGRATION IN URBAN POWER SYSTEMS ..... 516

THERMODYNAMIC EFFICIENCY ANALYSIS OF HYDROGEN FUEL CELLS FOR DECENTRALIZED RESIDENTIAL ENERGY GENERATION ..... 517

LIFE-CYCLE ASSESSMENT OF OFFSHORE WIND TURBINE FOUNDATIONS UNDER NORTH SEA ENVIRONMENTAL CONDITIONS ..... 518

MACHINE LEARNING APPROACHES FOR PREDICTIVE LOAD BALANCING IN SMART ENERGY DISTRIBUTION NETWORKS ..... 519

TECHNO-ECONOMIC EVALUATION OF FLOATING SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN COLD-CLIMATE HYDROPOWER RESERVOIRS ..... 520

CARBON CAPTURE AND STORAGE POTENTIAL OF DEPLETED OFFSHORE GAS FIELDS FOR LARGE-SCALE INDUSTRIAL DECARBONIZATION ..... 521

DYNAMIC MODELING OF DEEP GEOTHERMAL HEAT EXTRACTION FOR DISTRICT HEATING IN HIGH-LATITUDE COMMUNITIES ..... 522

POLICY-DRIVEN TRANSITION PATHWAYS TOWARD RENEWABLE ENERGY SELF-SUFFICIENCY IN MEDITERRANEAN ISLAND ECONOMIES ..... 523

THE EFFECT OF INTERMITTENT FASTING ON GLYCEMIC CONTROL AND INSULIN SENSITIVITY IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS ..... 524

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

DIGITAL HEALTH INTERVENTIONS AND TELEMEDICINE ADOPTION FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT IN UNDERSERVED RURAL AREAS ..... 525

THE ROLE OF VITAMIN D SUPPLEMENTATION IN BONE HEALTH AND IMMUNE FUNCTION AMONG THE ELDERLY POPULATION ..... 526

ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS AND THE PROMOTION OF RATIONAL ANTIBIOTIC USE IN TERTIARY CARE HOSPITALS ..... 527

EFFECTIVENESS OF COMMUNITY-BASED MENTAL HEALTH PROGRAMS IN REDUCING SYMPTOMS OF DEPRESSION AND ANXIETY ..... 528

THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY LEVELS, DIETARY HABITS, AND THE RISING PREVALENCE OF OBESITY AMONG ADOLESCENTS ..... 529

THE IMPACT OF LONG-TERM AIR POLLUTION EXPOSURE ON RESPIRATORY HEALTH OUTCOMES AND LUNG FUNCTION IN URBAN POPULATIONS ..... 530

EVALUATION OF MATERNAL HEALTHCARE ACCESS AND ANTENATAL CARE UTILIZATION IN LOW-RESOURCE PRIMARY HEALTH SETTINGS ..... 531

PREVALENCE AND DETERMINANTS OF ACUTE MALNUTRITION AMONG CHILDREN UNDER FIVE YEARS OF AGE IN RURAL COMMUNITIES ..... 532

FARKLI İKLİM KOŞULLARINDA FOTOVOLTAİK SİSTEM PERFORMANSININ PVSYST İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ VE KARAKTERİZASYONU ..... 533

INTEGER- AND FRACTIONAL-ORDER ANALOG CIRCUIT DESIGN OF THE IQBAL–WANG HYPERCHAOTIC SYSTEM ..... 534

İLETİM HATLARINDA AKILLI ARIZA TESPİTİ: TOPLULUK ÖĞRENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARININ KARŞILAŞTIRMALI BAŞARIM ANALİZİ ..... 546

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PID CONTROLLER AND DEGRADATION-AWARE MPC CONTROLLER IN PEM FUEL CELL SYSTEMS ..... 558

KÜRESEL ENERJİ SANTRALLERİNDE KURULU GÜÇ VE ÜRETİM İLİŞKİSİNİN ANALİZİ ..... 559

HETEROJEN YENİ NESİL YIĞIN TOPLULUK MODELİ KULLANILARAK BETON BASINÇ DAYANIMININ TAHMİNİ ..... 568

YAPAY ZEKA KULLANIMI VE HEMŞİRELİK GELECEĞİNE ETKİSİ ..... 579

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLYWOOD MADE FROM OAK VENEERS

**Assoc. Prof. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN**
Düzce University
halilibrahimsahin@duzce.edu.tr- https://orcid.org/0000-0003-2247-9895

## ABSTRACT

In this study, the effect of heat treatment temperature (HTT) on the physical and mechanical properties of urea-formaldehyde (UF) adhesive plywood produced from oak veneers was investigated. For this purpose, plywood was produced from veneers subjected to heat treatment (HT) at temperatures of 180, 190, and 200 °C, along with a control group. The moisture content (MC), density, water absorption (WA), thickness swelling (TS), as well as the modulus of rupture (MOR) modulus of elasticity (MOE), and tensile shear strength (TSS) of these panels were determined. As the HTT increased, the equilibrium moisture content (EMC) and density of the panels generally decreased, while significant improvements were observed in WA and TS values. In particular, at 200 °C, the 24-hour WA and TS values decreased by approximately 41% and 62%, respectively, compared to the control group. In contrast, the increase in HTT caused significant losses in MOR, with this value dropping from 133 N/mm² to 88 N/mm² at 200 °C. Changes in the MOE and AS, however, were more limited. The findings indicate that high-temperature HT significantly improves the dimensional stability of plywood against water, but that the selection of temperature is critical for maintaining mechanical performance. When the physical and mechanical properties were evaluated together, it was concluded that while the 190 °C treatment offers a more balanced performance across these properties, the 200 °C treatment may be preferred in applications requiring higher dimensional stability.

**Keywords:** Oak, veneer, plywood, dimensional stability, modulus of rupture, density

## 1. INTRODUCTION

In Turkey's forests, oak (*Quercus* spp.) is one of the most important tree genera in terms of species and distribution. According to the General Directorate of Forestry's (OGM) 2025 inventory results, oak forests cover an area of 6.865.717 ha and account for approximately 29.39% of the total forest area. With this figure, oak ranks first among tree species in Turkey in terms of area; it is followed by Turkish pine (5.310.854 ha; 22.73%) and black pine (4.077.616 ha; 17.45%) (OGM 2025). Consequently, oak holds a significant position within Turkey's timber resource potential, both due to its extensive distribution and its ability to thrive under diverse ecological conditions. This abundant resource base demonstrates significant potential not only for traditional uses of oak wood but also for its utilization in engineered wood products, such as plywood, where it can generate higher added value (OGM 2009). Indeed, in a study conducted on the wood of the common oak (*Quercus robur* L.) growing in Turkey, the static MOR of air-dried wood was determined to be 100.7 N/mm², and the MOE was found to

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

be 9939.8 N/mm² and a strong, positive correlation between density and mechanical properties was demonstrated (Kılıç Ak et al. 2016).

The primary reasons for preferring oak wood in plywood production are its high density, hardness, and mechanical strength, as well as the fact that the veneers obtained from it can contribute to the panel's load-bearing capacity and surface performance. Particularly in structural and semi-structural applications where mechanical properties such as MOR and MOE are important, veneers derived from high-density hardwoods offer advantages. Indeed, recent studies have shown that the properties of the veneers and the type of wood used are decisive factors in the mechanical performance of plywood (Shan et al. 2024). However, due to oak's high density, it is important to properly determine the conditions for veneer production, adhesive penetration, and pressing.

Wood's hygroscopic nature, its swelling and shrinkage behavior in response to changes in humidity, its limited dimensional stability, and its susceptibility to biological decay are the primary characteristics that limit its applications (Sandberg et al. 2017; Zelinka et al. 2022). The primary objective of thermal, chemical, impregnation, acetylation, furfurylation, and thermo-hydro-mechanical modification methods developed to mitigate these issues is to reduce wood's hygroscopicity, thereby enhancing its dimensional stability and biological durability and extending its service life (Mantanis 2017; Zelinka et al. 2022). Chemical modifications such as acetylation and furfurylation limit WAand dimensional changes by altering the chemical structure of the cell wall (Mantanis 2017), while thermal modification reduces hygroscopicity and dimensional instability through changes in the wood's chemical composition (Hill et al. 2021).

Thermal modification has gained significant prominence in sustainable wood technologies in recent years because it can be performed solely under controlled temperature and atmospheric conditions without the use of chemical preservatives (Hill et al. 2021; Zelinka et al. 2022). During the process, the wood's hygroscopicity decreases while its dimensional stability, biological durability, and service life improve; furthermore, unlike some toxic substances used in chemical impregnation methods, the absence of added modifying chemicals provides a significant environmental advantage (Akpan et al. 2021; Mandraveli et al. 2024). Thermal treatment can also contribute to the more efficient utilization of raw material resources by enabling the use of low-quality or underutilized wood species in higher-value-added products (Zelinka et al. 2022). However, the energy requirements and production costs of the process can increase, particularly at high temperatures and during long processing times, which may limit the method's economic advantages (Akpan et al. 2021; Mandraveli et al. 2024). Therefore, when determining the treatment temperature and duration, factors such as wood species, initial MC, density, coating thickness, and the intended application should be considered; a balance must be maintained between the gains in durability and dimensional stability and the losses in mechanical properties as temperature and treatment duration increase (Hill et al. 2021; Hodžić and Bahmani, 2023; Zelinka et al. 2022).

For this reason, determining the appropriate temperature and duration for the HT of oak veneers is important for maintaining a balance between physical and mechanical properties. Increasing

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

the HTT and duration can improve dimensional stability by reducing the wood's hygroscopicity and tendency to absorb water; however, excessively increasing the treatment intensity can accelerate the degradation of hemicelluloses, leading to significant losses in mechanical properties (Hill et al. 2021; Sargent 2022). Furthermore, the effect of treatment conditions is not limited to temperature and duration alone but is also influenced by factors such as wood species, density, initial MC, coating thickness, and treatment atmosphere (Hill et al. 2021; Zelinka et al. 2022).

In this context, determining the thermal treatment conditions for oak wood which is widely distributed in Turkey and possesses significant raw material potential for plywood production due to its high density and mechanical strength becomes particularly important. In this study, plywood panels were produced using UF adhesive from oak veneers heat-treated at different temperatures (180, 190, and 200 °C), and the effect of HTT on the physical and mechanical properties of the panels was investigated. The findings are intended to contribute to the determination of appropriate treatment conditions to both improve dimensional stability and preserve mechanical performance as much as possible.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Material

The oak veneers used in plywood production were sourced from Bayrak Plywood Forest Products' factory in Sakarya. The oak veneers were produced using the peeling method, with a thickness of 1.5 mm, in accordance with industrial production standards. Prior to plywood production, the veneers were subjected to HT at different temperatures (180, 190, and 200 °C) for 90 minutes. The MC of the veneers removed from the HT oven ranges between 4% and 6%. The HT applied to the veneers was carried out in a computer-controlled, 1 $m^3$ capacity HT oven with a steam environment, where the temperature could be adjusted with a precision of ±1°C. After HT, the oak veneers were placed in a conditioning chamber and underwent a conditioning process for 3 weeks.

### 2.2. Method

A 55% UF adhesive was used to glue the plywood panels. A 20% $NH_4Cl$ solution was used as a hardener, added at a rate of 10% of the solid adhesive in all applications. To prevent gluing errors that could result from changes in viscosity, the adhesive solution was prepared in quantities sufficient to produce two plywood panels for each HT application. The HT and plywood production parameters used in the study are presented in Table 1.

**Table 1.** HT and plywood production parameters.

| HT temperature (°C) | HT time (min) | Outer and middle layer tree species | Veneer thickness (mm) | Pressure temperature (°C) | Press pressure ($kg/cm^2$) | Pressing time (min) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | - | Oak | 1.5 | 130 | 10 | 4 |
| 180 | 90 | Oak | 1.5 | 130 | 10 | 4 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 190 | 90 | Oak | 1.5 | 130 | 10 | 4 |
| 200 | 90 | Oak | 1.5 | 130 | 10 | 4 |

The gluing process was applied to one side of the veneer sheet at a rate of 150 g/m². The plywood panels were pressed in a single-deck, electrically heated, laboratory-type hydraulic press. The pressing pressure was set at 10 kg/cm², and the pressing time was 4 minutes. For each application, two panels measuring approximately 500 x 500 x panel thickness were produced in a three-ply configuration. After production, the panels were stacked on top of each other and weighted down to prevent warping.

On the oak plywood panels, the following physical properties were tested: moisture content (MC) (TS EN 322 (1999)), density (TS EN 323 (1999)), water absorption (WA), and thickness swelling (TS) (TS EN 317 (1999)) were determined in accordance with the principles specified in the standards. Five test specimens were prepared to determine the MC of the panels, and 15 test specimens were prepared for the other test. The test specimens used to determine all physical properties were prepared in dimensions of 50 x 50 x panel thickness mm (Fig. 1).




**Fig. 1.** Control and test samples used in physical analyses.

The TS EN 310 (1999) standard was used to determine the modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of the plywood produced. Test specimens, with the outer layer's grain direction parallel to the long edge of the specimen, were prepared in the workshop with a width of 50 mm and a length equal to 20 times the nominal thickness plus 60 mm. According to TS EN 310 (1999), the standard panel length used in the tests must be at least 150 mm. The test specimens were conditioned in a climate chamber for 3 weeks at 65±5% relative humidity and 20±2°C until they reached a constant weight.

The tensile shear strength (TSS) test for the plywood was conducted in accordance with the principles specified in TS 3969 EN 314-1 (1998), and the results were evaluated according to TS EN 314-2 (1999). The TSS samples taken from the conditioning chamber were tested after being immersed in water at a temperature of 20±3°C for 24 hours.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 2.3. Statistical Analysis

The data were analyzed using the SPSS 22 statistical software package. A significance level of 0.05 (95%) was used for all comparisons. For each experiment conducted, a simple analysis of variance (ANOVA) was used to determine whether there were statistically significant differences among the three different temperatures applied (180, 190, and 200 °C) and their respective control groups. If the ANOVA results indicated significant differences among the groups, the Duncan test was applied.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Physical Properties

The physical properties of oak plywood panels produced as a result of different HTs applied to oak veneers including MC, air-dry density, water absorption (WA), and thickness swelling (TS) rates, as well as BVA and Duncan test results are presented in Table 2.

**Table 2.** Physical properties of oak plywood made from treated and untreated veneers.

| Board Type | N | MC (%) | D ($g/cm^3$) | WA | | TS | | *p*- value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2h (%) | 24h (%) | 2h (%) | 24h (%) | |
| Control | 15 | 6.52 **a*** (0.1)** | 0.864 **a** (0.04) | 17.9 **a** (1.4) | 46.3 **a** (4.0) | 11.2 **a** (1.7) | 21.2 **a** (2.7) | 0.000 |
| 180 °C | | 5.84 **b** (0.3) | 0.851 **ab** (0.06) | 18.1 **a** (1.8) | 46.9 **a** (2.7) | 8.3 **b** (1.4) | 17.6 **b** (2.8) | |
| 190 °C | | 5.50 **c** (0.1) | 0.832 **ab** (0.05) | 10.7 **b** (1.3) | 31.2 **b** (1.9) | 5.3 **c** (0.7) | 12.5 **c** (2.3) | |
| 200 °C | | 5.44 **c** (0.2) | 0.825 **b** (0.04) | 6.3 **c** (0.6) | 27.5 **c** (3.1) | 3.2 **d** (0.9) | 8.0 **d** (1.3) | |

*: The means shown with the same letters in each column are statistically indistinguishable from each other (p<0.05), **: standard deviation values are given in parentheses, N: number of samples (amount), MC: moisture content, D: density, WA: water absorption, TS: thickness swelling, h: hour.

For each physical property, the BVA results indicated that there were statistically significant differences ($p < 0.05$) among the average values of the different sheet types. A Duncan test was conducted to determine which groups exhibited these differences. The results of the Duncan multiple comparison test showed that this difference did not manifest in the same way across all properties. In terms of the Duncan results, the effect of HTT on physical properties is particularly pronounced in WA and TS values. Although 180 °C provided a statistically significant improvement in swelling compared to the control group, it falls into the same statistical group as the control for WA values at 2 and 24 hours. At 190 °C, a distinct and statistically significant improvement begins to appear in both WA and swelling values. At 200 °C, the values are the lowest across all WA and swelling properties and fall into a statistically separate group.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

The MC of the oak plywood, which was 6.52% in the control panel, decreased to 5.84%, 5.50%, and 5.44%, respectively, following HTs at 180, 190, and 200 °C (Table 2). Accordingly, compared to the control panel, the EMC of the panels heat-treated at 200 °C decreased by approximately 16.6% (Figure 2). The decrease in MC can be explained by a reduction in the wood's hydroxyl groups during HT and a decrease in water-binding capacity resulting from changes in hemicelluloses (Hill et al. 2021; Zelinka et al. 2022). A very limited decrease in density was also observed in conjunction with the increase in HTT; the control value of 0.864 g/cm³ decreased to 0.825 g/cm³ at 200 °C. This decrease amounts to approximately 4.5%. The decrease in density can be attributed to the thermal degradation of wood components particularly hemicelluloses during HT and the resulting mass loss. Indeed, a recent study conducted on different oak species found that weight and density losses increased with rising temperatures in the range of 160–220 °C (Prasetia et al. 2024). Similarly, a decrease in density and significant drops in EMC have been reported in plywood produced from veneers heat-treated at 200 °C (Galdino et al. 2023). These results indicate that the moisture and density losses observed at 200 °C in our study are consistent with the thermal treatment trends reported in the literature.

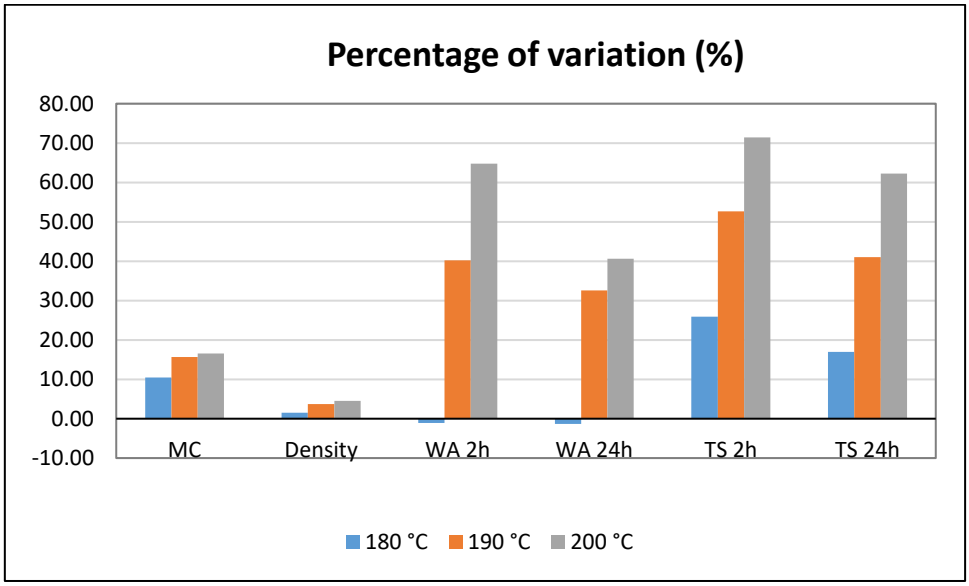



**Fig. 2.** Rates of decrease in the physical properties of heat-treated oak plywood test specimens compared to control specimens.

The results for WA and TS reveal the most significant positive physical findings of the study. The 2-hour WA rate was 17.0% for the control panels, while it decreased to 6.3% at 200 °C; the 24-hour WA rate decreased from 46.3% to 27.5%. Accordingly, the reductions in WA rates were calculated as 64.8% and 40.6%, respectively. TS values decreased from 11.2% to 3.2% over 2 hours and from 21.2% to 8.0% over 24 hours; correspondingly, the reductions were 71.4% and 62.3%, respectively. According to Duncan's results, all of these reductions are statistically significant (Figure 2). These results indicate that the 200 °C HT significantly reduces the moisture absorption tendency and TS of the plywood, thereby increasing dimensional stability. Similarly, Galdino et al. (2023) reported that WA and TS values in plywood produced from heat-treated *Pinus taeda* veneers decreased as a result of HT, and that

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

the panels' resistance to moisture increased. In UF-adhesive plywood produced from rubberwood veneers, increasing the temperature to 160–190 °C, both WA and TS values decreased; this was attributed to a reduction in the wood's hygroscopicity resulting from the decrease in free hydroxyl groups following the HT (Chotikhun et al. 2023). Furthermore, it has been reported that treatments at 200 °C and 210 °C in plywood produced from thermally modified poplar veneers yield satisfactory results in terms of WA and dimensional stability (Lovrić et al. 2017).

### 3.2. Mechanical Properties

The mechanical properties of oak plywood panels produced as a result of different HTs applied to oak veneers including modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), and tensile shear strength (TSS) as well as the results of the BVA and Duncan tests, are presented in Table 3.

**Table 3.** Mechanical properties of oak plywood produced from heat-treated and untreated veneers.

| Board type | N | MOR ($N.mm^{-2}$) | MOE ($N.mm^{-2}$) | TSS ($N.mm^{-2}$) | *p*- value |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 15 | 133 **a** (9.2) | 11877 **a** (676) | 1.37 **a** (0.37) | 0.000 |
| 180 °C | | 117 **b** (10.8) | 11029 **b** (716) | 1.08 **b** (0.32) | |
| 190 °C | | 99 **c** (15.7) | 11984 **a** (516) | 1.16 a**b** (0.34) | |
| 200 °C | | 88 **d** (9.5) | 10958 **b** (559) | 1.18 **ab** (0.43) | |

An examination of the results in Table 3 reveals that the HTT has a statistically significant effect on all three mechanical properties ($p < 0.000$). According to the Duncan test results, there is a significant difference in MOR between the control plate and the plate groups at all HTTs. While applying HT at 190 °C did not result in a statistically significant change in MOE, the plate groups at 180 and 200 °C showed a significant decrease. In terms of TSS, there was a significant difference between the control and the 180 °C plate groups; however, the 190 and 200 °C groups were not statistically different from the other plate groups.

When the three mechanical properties are evaluated together, it is observed that a distinct and statistically significant loss in MOR occurs with an increase in HTT, whereas the MOE and TSS exhibit a more limited response to temperature changes. In particular, the fact that the MOE falls into the same statistical group as the control group at 190 °C indicates that the elasticity property is largely preserved at this temperature. Regarding TSS, it was determined that after a decrease at 180 °C, the values partially recovered at 190 and 200 °C, and these groups were not statistically different from the control. In contrast, the 200 °C treatment stands out as the temperature at which the lowest MOR 88 N/mm² was obtained and therefore requires more careful evaluation in terms of mechanical performance. When the control plates were compared with the plates heat-treated at 200 °C, decreases were observed in MOR, MOE, and TSS. MOR decreased from 133 N/mm² to 88 N/mm², a 33.8% reduction, while the MOE decreased from 11877 N/mm² to 10958 N/mm², a 7.7% reduction (Figure 3). The significant

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

loss in MOR can be attributed to the degradation caused by high temperatures, particularly in hemicelluloses, and changes in the structural integrity of the cell wall (Hill et al. 2021; Zelinka et al. 2022). Studies on oak have also reported that losses in bending behavior become more pronounced as the HTT increases, and that hemicellulose degradation, particularly at high temperatures, is associated with a decrease in mechanical strength (Čabalová et al. 2018). However, the fact that the change in the MOE is more limited compared to that in MOR indicates that HT does not adversely affect the wood's stiffness as much as it does its strength. Indeed, Chotikhun et al. (2023) reported that in plywood produced from heat-treated veneers, MOR and MOE values increased at 170–180 °C, but both properties decreased significantly at 190 °C. These results support the finding in our study that the loss of MOR observed at 200 °C was more pronounced compared to the limited decrease in the MOE.

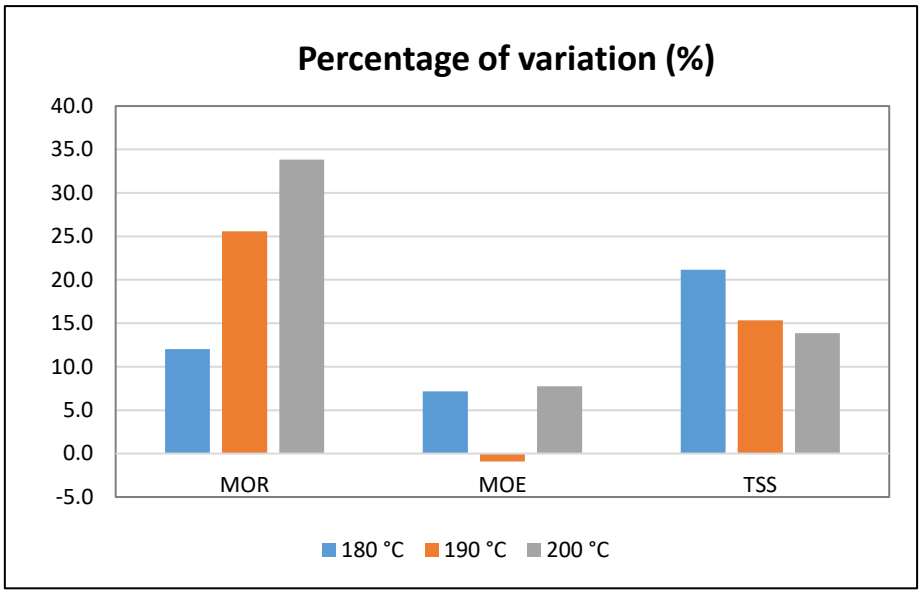



**Fig. 3.** Rates of decrease in the mechanical properties of heat-treated oak plywood test specimens compared to control specimens.

The TSS decreased from 1.37 N/mm² to 1.18 N/mm², representing a 13.9% decrease (Fig. 3). Although the numerical decrease in TSS observed at 200 °C suggests that bonding performance may become more sensitive to high temperatures, the Duncan test results indicate that this change is not statistically significant. These results show that the HT applied at 200 °C has the most pronounced effect on the mechanical properties specifically on MOR while the decrease in the MOE remains more limited. In particular, the loss of approximately one-third of the MOR indicates that HT conditions at high temperatures must be carefully evaluated in terms of the plywood's mechanical performance.

When all physical and mechanical properties are evaluated together, it can be concluded that 190 °C stands out as the most balanced HTT. While the 200 °C treatment provided the greatest improvement in WA and TS values, it resulted in a 4.5% decrease in density, a 33.8% decrease in MOR, and a 7.7% decrease in the MOE; the loss in MOR, in particular, reached a significant level. In contrast, at 190 °C, WA and TS values decreased significantly compared to the control group, while density remained at 0.832 g/cm³ and the MOE, at 11984 N/mm², was not

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

statistically different from that of the control group. The TSS, at 1.16 N/mm², also fell within the same statistical group as the control group. Therefore, in terms of the balance between the improvement in dimensional stability and the preservation of mechanical properties, 190 °C is considered a more suitable processing temperature compared to the 180 and 200 °C treatments.

## 4. CONCLUSIONS

In this study, plywood panels were produced using oak veneers that had undergone 90 minutes of HT at various temperatures in a water vapor environment. Some of the physical and mechanical properties of the produced plywood panels were examined.

- An increase in the HTT caused significant changes in the physical properties of the plywood produced from oak veneers.
- At 200 °C, the MC and density values decreased by 16.6% and 4.5%, respectively, compared to the control group.
- With an increase in HTT, the WA and TS values decreased significantly, with the lowest values obtained at 200 °C.
- MOR was the mechanical property most affected by the increase in temperature and decreased by 33.8% at 200 °C compared to the control group.
- Changes in the MOE and TSS were more limited compared to MOR. In particular, at 190 °C, the MOE fell within the same statistical group as the control group.
- When physical and mechanical properties were evaluated together, it was concluded that 190 °C provided a more balanced result between dimensional stability and mechanical performance and could be a suitable treatment temperature for oak plywood.
- In future studies, testing different treatment durations and initial MCs around 190 °C could contribute to a more precise determination of the optimal HT conditions.
- Furthermore, it is believed that studies using different types of adhesives, veneer thicknesses, and oak species will help to more comprehensively elucidate the effects of HT on the bonding and mechanical performance of plywood.

## 5. REFERENCES

Akpan, E. I., Wetzel, B., and Friedrich, K. (2021). Eco-friendly and sustainable processing of wood-based materials. Green Chemistry, 23(6), 2198-2232.

Čabalová, I., Kačík, F., Lagaňa, R., Výbohová, E., Bubeníková, T., Čaňová,I., and Ďurkovič, J. (2018). Effect of thermal treatment on the chemical, physical, and mechanical properties of pedunculate oak (Quercus robur L.) wood. BioResources, 13(1), 157–170.

Chotikhun, A., Kittijaruwattana, J., Lee, S. H., Salca, E. A., Arsyad, W. O. M., Hadi, Y. S., Neimsuwan, T., and Hiziroglu, S. (2023). Characterization of plywood made from heat-treated rubberwood veneers bonded with melamine urea formaldehyde resin. Journal of Wood Science, 69(1), 23.

Galdino, D. S., Silva, M. F. F., Arroyo, F. N., Rangel, E. C., Caraschi, J. C., Santos, H. F. D., de Freitas, L., Christoforo, A. L., and de Campos, C. I. (2023). Properties of plywood made of thermally treated veneers bonded with castor oil-based polyurethane adhesive. Forests, 14(8), 1635.

Hill, C., Altgen, M., and Rautkari, L. (2021). Thermal modification of wood—a review: chemical changes and hygroscopicity. Journal of materials science, 56(11), 6581-6614.

Hodžić, A., and Bahmani, M. (2023). Physical and mechanical changes in thermal modified wood: A review. Zastita materijala, 64(3), 314-326.

Kılıç Ak, A., Bektaş, İ., ve Oruç, S. (2016). Some technological properties of pedunculate oak wood grown in Hatay-Dörtyol region. Turkish Journal of Forestry, 17(2), 178-186.

Lovrić, A., Zdravković, V., Popadić, R., abd Milić, G. (2017). Properties of plywood boards composed of thermally modified and non-modified poplar veneer. BioResources, 12(4), 8581-8594.

Mandraveli, E., Mitani, A., Terzopoulou, P., and Koutsianitis, D. (2024). Oil heat treatment of wood—A comprehensive analysis of physical, chemical, and mechanical modifications. Materials, 17(10), 2394.

Mantanis, G. I. (2017). Chemical modification of wood by acetylation or furfurylation: A review of the present scaled-up technologies. BioResources, 12(2), 4478-4489.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (2009). Asli Ağaç Türleri. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (2025). Ormancılık istatistikleri 2024. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Prasetia, D., Purusatam, B. D., Savero, A. M., and Iswanto, A. H. (2024). Effect of air heat treatment on the color change and weight and density loss of six Korean oak woods. BioResources, 19(3), 6530-6544.

Sandberg, D., Kutnar, A., and Mantanis, G. (2017). Wood modification technologies-a review. Iforest-Biogeosciences and forestry, 10(6), 895-908.

Sargent, R. (2022). Evaluating dimensional stability in modified wood: an experimental comparison of test methods. Forests, 13(4), 613.

Shan, J., Yang, C., Liu, G., Cao, L., Wu, J., Zhang, Y., Zhang, F., Liu, M., Tan, H., Zhang, Y., Lin, Q., and Yu, W. (2024). An organic-inorganic dual network built in fast-growing wood veneers to improve the flame retardant and mechanical properties of plywood. Journal of Building Engineering, 97, 110886.

Zelinka, S. L., Altgen, M., Emmerich, L., Guigo, N., Keplinger, T., Kymäläinen, M., Thybring, E. E., and Thygesen, L. G. (2022). Review of wood modification and wood functionalization technologies. Forests, 13(7), 1004.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ARITILMIŞ ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN TARIMSAL SULAMADA YENİDEN KULLANIMININ BİBER (Capsicum Annuum) ÇİMLENMESİ VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ[1,2]

**Büşra UZUNOĞLU**
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
bbusrauzunogluu@gmail.com- 0009-0001-9879-6590

**Prof. Dr. Semra MALKOÇ**
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
satik@eskisehir.edu.tr- 0000-0002-8092-411X

## ÖZET

Bu araştırma, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'ndeki (EOSB) arıtma tesisinin arıtma işlemi yapılmadan ve yapıldıktan sonra arıtılmış atıksuların biber (*Capsicum annuum*) bitkisi üzerindeki etkilerini inceleyerek tarımsal sulamada yeniden kullanım potansiyelini araştırmaktadır. Atıksuların içerisinde bulunan ağır metaller, bitkiler üzerinde hem yararlı hem de zararlı sonuçlar doğurabilir. Bu yüzden, atık suların çevre ve canlılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi giderek daha da önem kazanmaktadır. Bu etkileri analiz etmek için kullanılan etkili yöntemlerden biri, tohumların çimlenme ve bitki gelişimine yönelik deneylerdir. Bunun için EOSB'nin arıtma tesisindeki giriş ve çıkış suları için ağır metal analizleri TS EN ISO 15587-1 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Giriş ve çıkışından alınan atıksular %25 ile %100 arasında değişen 5 farklı konsantrasyonda uygulanmıştır; kontrol grubu olarak çeşme suyu kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi ve Vigor indeksi parametreleri incelendiğinde, çimlenme yüzdesi verilerine göre, kontrol grubunda %80 olan oran, çıkış sularının tüm konsantrasyonlarında %88-96 aralığında artış göstermiştir. Buna karşın, giriş sularının %90 ve %100 konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesi düşüş göstermiştir. Benzer bir durum çimlenme indeksinde de görülmüştür. Bitkinin gelişimini gösteren Vigor indeksi parametresinde ise kontrol grubuna kıyasla çıkış suyunun %100 konsantrasyonunda biber bitkisinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Öte yandan, giriş suyunun %100 konsantrasyonunda bitki gelişimini kontrol grubuna göre sınırlandırmıştır. Sonuç olarak, endüstriyel arıtılmış atıksuların biber bitkisinin çimlenme ve gelişim parametrelerini iyileştirdiği, buna karşın arıtılmamış endüstriyel suların ise bitkinin gelişimini olumsuz etkilediği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Capsicum Annuum*, Çimlenme, Endüstriyel Arıtılmış Atıksu

[1] Bu çalışma, "Atıksu Arıtma Suyunun Domates (*Lycopersicon esculentum*) ve Biber (*Capsicum annuum*) Yetiştiriciliğinde Tarımsal Sulamada Tekrar Kullanılabilirliği, Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" başlıklı, Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde 2026 yılında yayımlanmış lisans tezinden üretilmiştir.

[2] Bu çalışma, 1139B412502882 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. GİRİŞ

Günümüz nüfusunun ve gelecekteki nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için su ve toprağın sürdürülebilir kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu iki kaynak, canlıların hayatları için hayati öneme sahiptir (Adalı ve Yalılı Kılıç, 2020).

Dünya genelinde temiz suyun kullanım alanlarına bakıldığında, tarımsal amaçlarla suyun yaklaşık %70'i, endüstriyel kullanımda %20'si ve evsel amaçlar için %10'u kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi, tarımsal sulama için kullanılan temiz su, genel su kullanımının büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Ak ve Top, 2018). Ülkelerin ekonomik gelişim seviyelerine bağlı olarak su kullanım oranları farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde ise tarımsal su kullanımı %30'a kadar düşebilmektedir. Bunun sebepleri arasında tarım ve sanayi faaliyetlerinin artması yer almaktadır (Gürel, 2023).

Artan nüfus ve kısıtlı su kaynaklarının üzerindeki talep, tarımsal su kullanımını azaltmakta ve dünya genelinde gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Çakmak ve Gökalp, 2011). Bu sebeple tarımsal sulamanın ihtiyaçlarının karşılanması için alternatif su kaynaklarının değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Özellikle, arıtılmış atıksuların yeterli kaliteye ulaştırıldıktan sonra tarımsal sulamada kullanılması, yeni su kaynaklarına olan ihtiyacı azaltması dolayısıyla tercih edilen bir yöntemdir (Duman, 2017).

Arıtılmış atıksular geleneksel su kaynaklarına göre daha yüksek besin içerikleri barındırmaktadır. Arıtılmış atıksu ile gübreleme yapmak her zaman mümkün olmayabilir, ancak bu uygulama ticari gübre ihtiyacının bir kısmını karşılayabilir (Da Fonseca ve ark., 2007).

Atıksudaki ağır metaller ve kalıcı organik kirleticiler hem çevresel hem de canlıların sağlığı açısından önemli etkiler yarattıkları için arıtılmış atıksuların tarımsal üretimde kullanılma imkanını sınırlamaktadır (Adalı ve Yalılı Kılıç, 2020).

Ağır metaller, doğal yollarla ya da insan faaliyetleri sonucunda çevreye yayılmaktadır. Hızlı şehirleşme ve sanayi devrimi, ağır metal kirliliğinde ciddi bir artışa neden olmuştur. Erozyon, doğal aşınma süreçleri, madencilik faaliyetleri, endüstriyel atıklar, kanalizasyon ve tarımda kullanılan pestisitler başlıca ağır metal kaynakları olarak öne çıkmaktadır (Çavuşoğlu ve ark., 2018).

Ağır metaller arasında Cu, Zn ve Fe gibi bitki gelişiminde az miktarda ihtiyaç duyulan mikro besin elementleri bulunmaktadır. Ancak bu elementlerin yüksek konsantrasyonları canlılar üzerinde toksik etkiler yaratabilmektedir. Co, Pb ve Cd gibi diğer ağır metaller ise, çok düşük miktarlarda bile toksik tesir gösterebilmektedir. Zn, bitkilerin ihtiyaç duyduğu kritik bir mikro besin olarak değerlendirilmektedir (Doğaroğlu, 2018).

Atıksuların tarımsal kullanımı için uygun sektörler arasında, konserve, şeker, gübre, süt ürünleri, gazlı içecekler ve kâğıt endüstrisi bulunmaktadır. Ancak, solvent, yağ, ağır metaller, petrol ürünleri ve toksik maddeler içeren atıksuların tarımda kullanılması önerilmemektedir (Demir ve ark., 2017).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Bu çalışma, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'ndeki (EOSB) arıtma tesisinde arıtılmış atıksuların biber (*Capsicum annuum*) bitkisi üzerindeki etkilerini inceleyerek, tarımsal sulamada yeniden kullanım potansiyelini araştırmaktadır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1.Endüstriyel Atıksu Arıtma Suyu Temini

Bu çalışmada kullanılmış olan atıksu Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nden (EOSB) bulunan atıksu arıtma tesisinin giriş kısmında bulunan ızgara ünitesinden ve çıkış olarak ise dezenfeksiyon havuzundan iki farklı örnek alınmıştır (Görsel 1).



**Görsel 1. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi'nden alınan atıksu numunesi**

EOSB'nin arıtma tesisinden alınan giriş ve çıkış su örneklerinin analizi için TS EN ISO 15587-1 standartına göre ICP-MSMS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) cihazı ile incelenmiştir. Su örnekleri otoklavda steril edilmiştir. Giriş atıksuyu (GS) ve çıkışından alınan atıksu (ÇS) %100 olarak kabul edilmiştir; ardından saf su ile seyreltilerek %90, %75, %50 ve %25 olacak şekilde diğer konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Kontrol grubu (KG) olarak çeşme suyu kullanılmıştır.

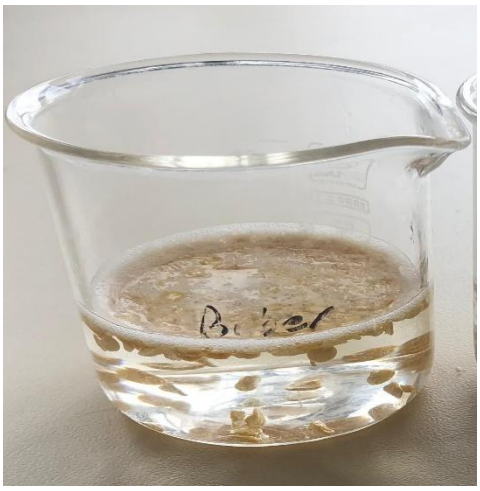
### 2.2. Tohum Sterilizasyon İşlemleri

Çalışmada kullanılacak biber (*Capsicum annuum*) tohumları T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Tohumlar, ilk olarak %96 oranında etil alkol içinde 1 dakika bekletilmiş, ardından %5 sodyum hipoklorit solüsyonuyla 25-30 dakika boyunca yüzey sterilizasyonu yapılmıştır ve daha sonra tohumlar steril saf su ile beş kez yıkanmıştır (Çatak ve Korkmaz, 2024).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Tohumlar 3 saat boyunca suda bekletilerek şişirilmiştir (Görsel 2). Ardından içinde kurutma kağıtları bulunan steril Petri kaplarına aktarılmıştır (Özay, 2018).



**Görsel 2. Deneyde Kullanılan Biber Tohumlarının Ekim Öncesi Hazırlık Aşaması**

2.3. Tohum Ekim İşlemleri ve İnkübasyon Şartları

Çimlenme deneyleri 140 mm çapında ve 15 mm yüksekliğinde olan tek kullanımlık plastik steril Petri kaplarında gerçekleştirilmiştir. İki katmanlı filtre kâğıdı konulan Petri kaplarına ilk gün 10 ml, daha sonra ise 5'er ml giriş ve çıkışlarından alınan endüstriyel atık sularından eklenmiştir. Kontrol grubu için ise çeşme suyu, yine ilk gün 10 ml ve sonraki günler 5'er ml uygulama yapılmıştır. Sterilize edilmiş biber tohumlarından her bir Petri kabına 25 adet ekim yapılmıştır (Özay, 2018).

Tohumlar Petri kaplarına ekildikten sonra, nem kaybını önlemek amacıyla Petri kaplarının üzerleri filtre kâğıdı ile kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler 4 gün boyunca karanlık bir ortamda, bitki büyüme kabininde (25 ± °C sıcaklık ve %70 ± nem oranında) çimlenmeye bırakılmıştır (Ertekin ve Bilgen, 2021). Cihazın çalışma koşulları ve numunelerin kabin içerisindeki yerleşimi Görsel 3'te sunulmuştur.




**Görsel 3. Bitki Büyüme Kabinine Ait Görünümler: (A) Kontrol Paneli Ayarları, (B) Cihazın Genel Görünümü, (C) Petri Kaplarının Kabin İçi Yerleşimi.**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Her gün çimlenme sürecinde, çimlenen tohumlar sayılmış ve "Uluslararası Tohum Test Birliği" kurallarına göre 2 mm uzunluğundaki kökçüğe sahip olan tohumlar, çimlenmiş olarak değerlendirilmiştir (ISTA, 2018) .

4 günün sonunda çimlenmenin tamamlandığı kabul edilmiş ve çimlenen tohumların ilk fide evresini tamamlamaları için Görsel 4'te gösterildiği üzere 16 saat ışık, 8 saat karanlık olacak şekilde bitki büyüme kabininde ışıklanma sağlanmıştır (Çatak ve Korkmaz, 2024; Korkmaz ve Çatak, 2024) .



**Görsel 4. Bitki Büyüme Kabininde Uygulanan Işıklandırma Periyodu ve Petri Kaplarının Raf Düzeni**

### 2.4. Fidede Yapılan Ölçümler

Tohumlar filizlenme sürecinin başlangıcından sonuna kadar her gün sayılmıştır. Daha sonra, her bir Petri kabındaki aşağıdaki şekillerde gösterildiği üzere biber tohumlarının 10. gün (Görsel 5-9) sonunda her Petri kabındaki 15 fidenin kök ve sürgün uzunlukları ölçülmüştür (Çatak ve Korkmaz, 2024; Korkmaz ve Çatak, 2024).



**Görsel 5. Biber Çeşme Suyu 10. Gün Çimlenme Durumu**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



**Görsel 6. ÇS %25 ve %50 Konsantrasyonlarında Sulanan Biber Tohumlarının 10. Gündeki Çimlenme Durumu**

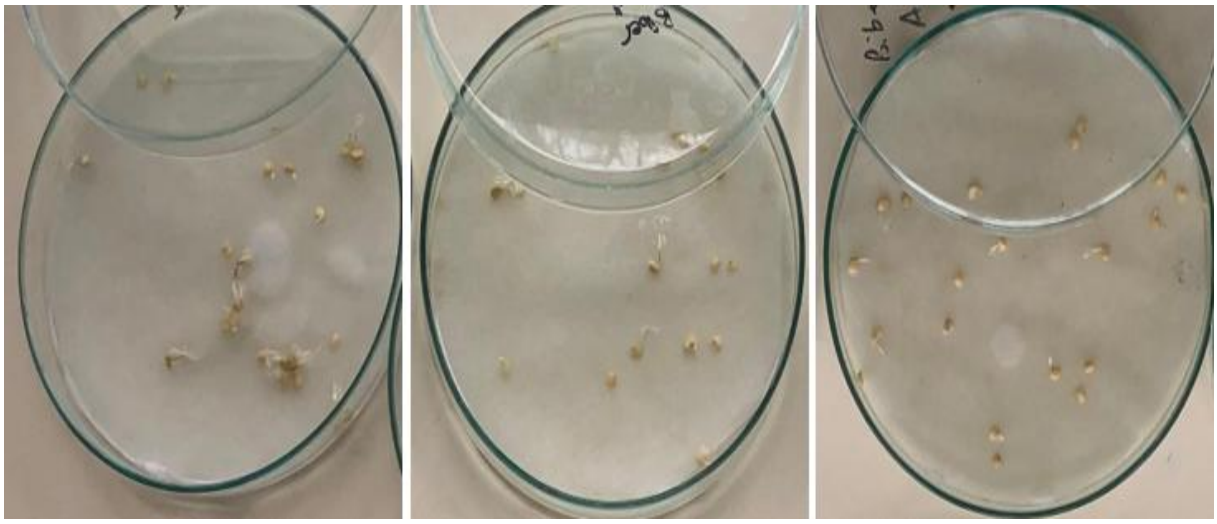


**Görsel 7. ÇS %75, %90 ve %100 Konsantrasyonlarında Sulanan Biber Tohumlarının 10. Gündeki Çimlenme Durumu**



**Görsel 8. GS %25 ve %50 Konsantrasyonlarında Sulanan Biber Tohumlarının 10. Gündeki Çimlenme Durumu**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



**Görsel 9. GS %75, %90 ve %100 Konsantrasyonlarında Sulanan Biber Tohumlarının 10. Gündeki Çimlenme Durumu**

### 2.5. Çimlenme ve Uzunluk Ölçümleri

Çimlenme yüzdesi

Çimlenen tohumların yüzdesi tohum sayım işlemi bittikten sonra belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Dere ve Yıldız Daşgan, 2023).

$$ÇY=NÇS/TS \times 100$$

ÇY: Çimlenme yüzdesi

NÇS: Normal çimlenen tohum sayısı

TS: Toplam tohum sayısı

Çimlenme hızı/indeksi parametresi

Çimlenme hızı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Dere ve Yıldız Daşgan, 2023).

$$ÇH/I=S1/G1+S2/G2+S3/G3+\cdots+Sn/Gn$$

ÇH/I: Çimlenme hızı

S: Çimlenen tohumların sayısı

G: Çimlenme için gereken gün sayısı

Vigor indeksi (VI)

Vigor indeksi Prasad ve ark. (2012)'nin yöntemine göre aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır .

VI = Çimlenme yüzdesi × (kök uzunluğu + hipokotil uzunluğu).

### 2.6. İstatistiksel Analiz

Deneysel çalışmalar kapsamında, Petri kaplarında bulunan ve ölçülen her 15 fide için her bir grupta 5 adet fide bulunacak şekilde toplam 3 farklı deneme grubu oluşturulmuştur. Vigor İndeksi değerleri Minitab Statistical Software 22 programı ile elde edilen sonuçlar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 2.7. Toprak Yapısının Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında kullanılan toprak numunelerinin pH ve elektriksel iletkenlik (EC) analizleri için 1:5 katı-sıvı oranında toprak-su ekstraktı hazırlanmıştır. İşlem basamakları kapsamında; toprak numuneleri öncelikle etüvde 40 °C sıcaklıkta 30 dakika boyunca kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan numunelerden 1'er gram tartılarak üzerlerine 5'er mL saf su ilave edilmiş ve homojen bir karışım elde etmek amacıyla 1 saat boyunca karıştırılmıştır. Sürenin sonunda katı partiküllerin çökmesi beklenmiş ve 3 saatlik zaman dilimi içerisinde okumalar gerçekleştirilmiştir.

### 2.8. Çimlenen Tohumların Saksıya Alınması

Analizler için kullanılan fidelerden kalan çimlenmiş tohumlar saksı çalışmalarında değerlendirilmiştir. Saksı boyutları: üst çapı 140 mm, alt çapı 120 mm ve yüksekliği 120 mm olan her bir saksıya 1,5 kg toprak konulmuş; 10 günlük gelişimini tamamlayan biber fidelerinin saksılara dikim işlemi gerçekleştirilmiştir. Giriş ve çıkış atıksuları farklı konsantrasyonları ile ilk 3 hafta boyunca 100 ml, daha sonra 3 hafta ise 50 ml sulanmış ve fide gelişimi ile biber bitkilerinin dayanıklılığı gözlemlenmiştir (Görsel 10-17).




**Görsel 10. Çeşme Suyu ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 11. ÇS %25 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 12. ÇS %50 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 13. ÇS %75 ve %90 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 14. ÇS %100 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



**Görsel 15. GS %25 ve %50 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**



**Görsel 16. GS %75 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**



**Görsel 17. GS %90 ve %100 Uygulaması ile Sulanan Biber Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1. Endüstriyel Atıksu İçeriği

ICP/MS yöntemi ile analiz edilen endüstriyel atıksuyun giriş ve çıkış suyunun içerdiği metaller ve miktarları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Atık su içeriğinde en fazla miktarda görülen kalsiyumu (Ca)'a sırasıyla magnezyum (Mg), potasyum (K), alüminyum (Al), demir (Fe) takip etmektedir. Bakır (Cu) ve kadmiyum (Cd) ise çok düşük miktarlarda bulunmaktadır.

**Çizelge 1. Giriş ve Çıkış Atıksu İçerisinde bulunan Metallerin Analiz Sonuçları**

| Metal Adı | Giriş Konsantrasyonu (ppm) | Çıkış Konsantrasyonu (ppm) | Çeşme Suyu (ppm) |
|---|---|---|---|
| Kalsiyum (Ca) | 105,734 | 106,021 | 45 |
| Magnezyum (Mg) | 61,946 | 63,692 | 46 |
| Potasyum (K) | 38,436 | 44,945 | 8 |
| Alüminyum (Al) | 3,132 | 0,367 | <0,012 |
| Demir (Fe) | 0,585 | 0,248 | 0,0045 |
| Nikel (Ni) | 0,500 | 0,265 | 0,0022 |
| Çinko (Zn) | 0,205 | 0,185 | 0,0014 |
| Arsenik (As) | 0,134 | 0,387 | 0,0028 |
| Baryum (Ba) | 0,114 | 0,130 | 0,0631 |
| Mangan (Mn) | 0,055 | 0,106 | 0,0003 |
| Krom (Cr) | 0,041 | 0,025 | 0,00058 |
| Bakır (Cu) | 0,030 | 0,006 | 0,0003 |
| Kadmiyum (Cd) | 0,001 | - | <0,0002 |
| Kurşun (Pb) | - | - | <0,0003 |

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi'nden alınan numunelerin karakterizasyon çalışmaları kapsamında KOİ analizleri, giriş suyu KOİ konsantrasyonu 2297,95 mg/L olarak ölçülürken, arıtma işlemi sonrasında bu değerin çıkış suyunda 110,87 mg/L'ye düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2. EOSB Atıksu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Suyu KOİ Değerleri**

| Parametre | Giriş Değeri (mg/L) | Çıkış Değeri (mg/L) |
|---|---|---|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) | 2297,95 | 110,87 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 3.2. Toprak Yapısının Özellikleri

Deneylerde kullanılan toprak örneğinin ana özelliklerini belirlemek için gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları Çizelge 3'te yer almaktadır.

**Çizelge 3. Çalışmada Kullanılan Toprak Örneğinin Özellikleri**

| **Parametre** | **Değer** |
|---|---|
| Elektriksel İletkenlik (EC) | 148 µS/cm (21 °C) |
| pH | 8,28 (21 °C) |

### 3.3. Çimlenme Yüzdesi

**Çizelge 4. Biber (Ilıca 256) Bitkilerinin Endüstriyel Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme Yüzdesi Değerleri**

| **Atıksu Konsantrasyonları %** | **Biber (Ilıca 256)** |
|---|---|
| KG | 80 |
| ÇS 25 | 96 |
| ÇS 50 | 96 |
| ÇS 75 | 88 |
| ÇS 90 | 88 |
| ÇS 100 | 96 |
| GS 25 | 84 |
| GS 50 | 88 |
| GS 75 | 92 |
| GS 90 | 76 |
| GS 100 | 72 |

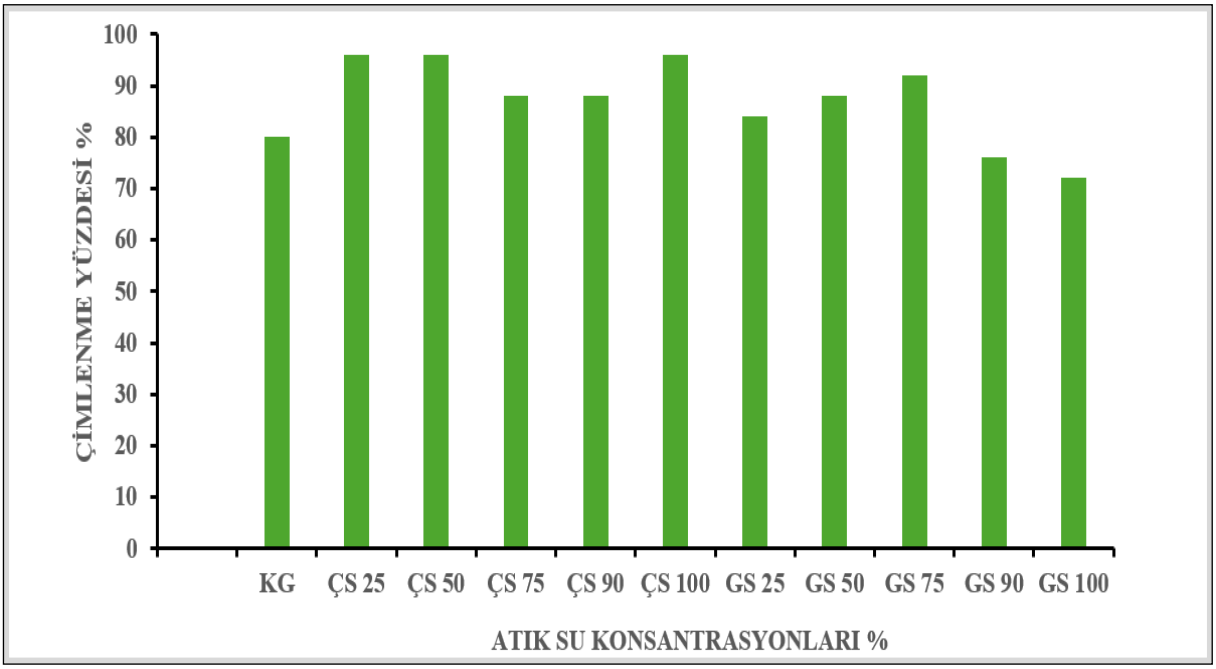
KG: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), ÇS: Çıkış Suyu, GS: Giriş Suyu

Biber tohumunun atıksu uygulamalarına karşı çimlenme süreci (Çizelge 4) ve Görsel 18'deki veriler ile incelendiğinde ise kontrol grubunda %80 olan çimlenme oranı, arıtma tesisinin çıkışından alınan atıksu uygulamalarında %88 ile %96 gibi yüksek seviyelere çıkmıştır. Bu yükseliş atıksuyun içeriğinde bulunan Mg, Ca ve Mn gibi elementlerin bitki gelişimini desteklediğini ortaya koymuştur.

Diğer taraftan, arıtma tesisinin girişinden alınan atıksu uygulamaları incelendiğinde, düşük konsantrasyonlarda (%25, %50, %75) çimlenme oranları oldukça yüksekken, yüksek

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

konsantrasyonlarda kullanılan atıksu miktarının arttığı %90 ve %100 seviyelerinde çimlenme oranının sırasıyla %76 ve %72 seviyelerine kadar düşmesi dikkat çekmektedir. Bu durum, girişteki atıksuyun yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı ve ağır metal seviyelerinin seyreltme yapılmadığında tohum üzerinde baskılayıcı bir stres oluşturduğunu net bir şekilde göstermektedir.




**Görsel 18. Biber (Ilıca 256) Bitkilerinin Endüstriyel Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme Yüzdesi Değerleri (KG: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), ÇS: Çıkış Suyu, GS: Giriş Suyu)**

### 3.4. Çimlenme İndeksi

Çalışmada verilere (Çizelge 5) ve Görsel 19'a bakıldığında, kontrol grubunun çimlenme indeksi 3,54 olarak saptanmış ve referans değeri olarak kabul edilmiştir. Çıkış atıksu serisindeki tüm uygulama konsantrasyonlarında, çimlenme indeksinin kontrol grubuna kıyasla artış gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek gelişim değeri %25'lik çıkış suyu uygulamasında gözlemlenmiştir. Arıtılmış atıksuyun seyreltilmeden %100 uygulandığı durumda dahi indeks değerinin kontrol grubunun üzerinde çıkması, bu suyun tohum üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığını kanıtlamaktadır. Aksine, arıtılmış çıkış suyunun içerdiği besin elementlerinin (Mg, Mn ve Ca) biber tohumunun gelişimi üzerinde olumlu bir etki sağladığı değerlendirilmektedir.

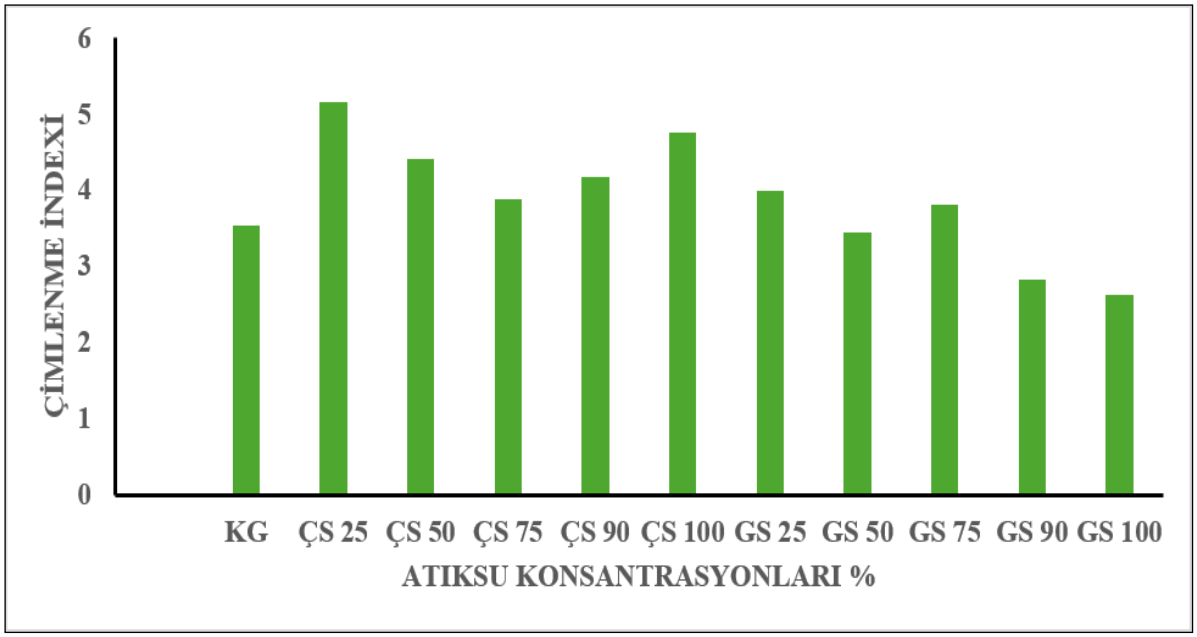
Buna karşın, arıtma tesisinin girişinden alınan atıksuyun uygulamalarında artan konsantrasyonla birlikte belirgin bir etki gözlemlenmiştir. Düşük konsantrasyonlardaki %25, %50 ve %75 değerler kontrol grubuna yakın kalarak bitkinin belirli bir tolerans gösterdiğine işaret etse de konsantrasyon %90 ve %100 seviyelerine ulaştığında çimlenme indeksinde sırasıyla 2,83 ve 2,62 değerlerinde bir düşüş yaşanmıştır. Bu durum, giriş atıksuyunun içerisindeki ağır metallerin tohum gelişimi üzerinde baskı yarattığını göstermektedir.

**Çizelge 5. Biber (Ilıca 256) Tohumlarının Endüstriyel Atık Suların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme İndeksi Değerleri**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| Atıksu Konsantrasyonları % | Biber (Ilıca 256) |
|---|---|
| KG | 3,54 |
| ÇS 25 | 5,17 |
| ÇS 50 | 4,42 |
| ÇS 75 | 3,88 |
| ÇS 90 | 4,18 |
| ÇS 100 | 4,76 |
| GS 25 | 3,99 |
| GS 50 | 3,45 |
| GS 75 | 3,81 |
| GS 90 | 2,83 |
| GS 100 | 2,62 |

KG: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), ÇS: Çıkış Suyu, GS: Giriş Suyu




**Görsel 19. Biber (Ilıca 256) Tohumlarının Endüstriyel Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme İndeksi Değerleri (KG: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), ÇS: Çıkış Suyu, GS: Giriş Suyu**

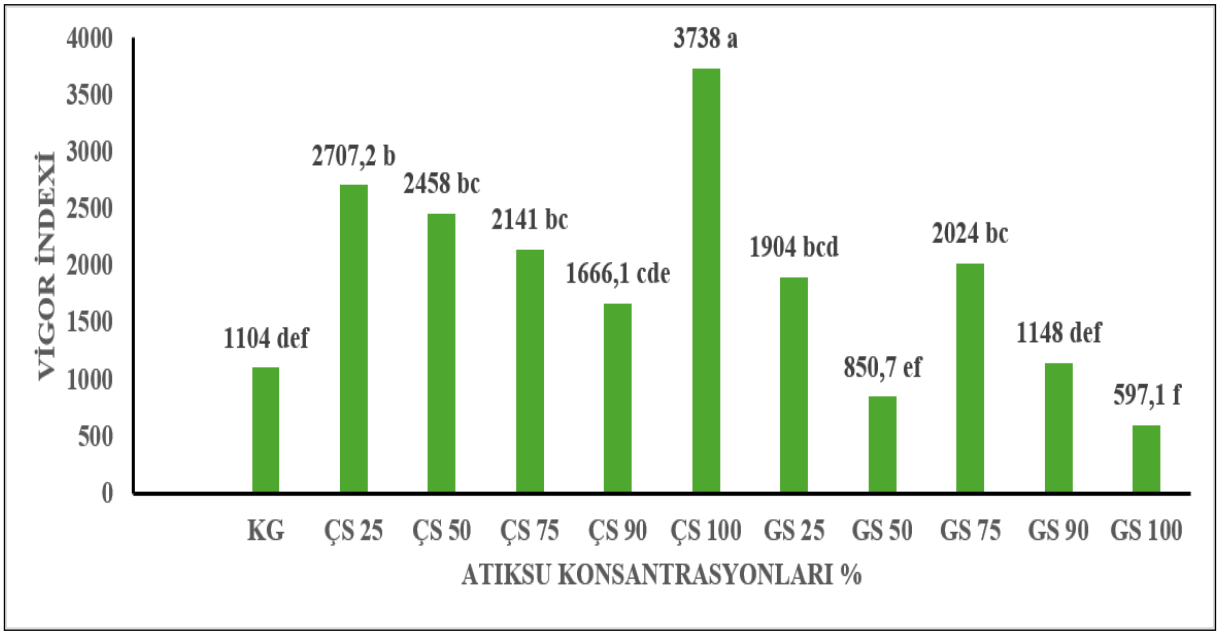
### 3.5. Vigor İndeksi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Farklı atıksu konsantrasyonlarının biber tohumlarının Vigor indeksi üzerindeki etkileri (Çizelge 6) ve Görsel 20'de sunulmuştur. Gerçekleştirilen varyans analizi (ANOVA) sonucunda, uygulanan atıksu konsantrasyonlarının Vigor indeksi üzerindeki etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu saptanmıştır.

Kontrol grubunda ölçülen Vigor indeksi, çıkış suyu uygulamalarının tamamında artış eğilimi göstermiştir. Özellikle çıkış suyunun %25, %50, %75 ve %100 konsantrasyonlarında elde edilen değerlerin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmadaki en yüksek canlılık değeri atıksu arıtma tesisinin çıkışından alınan çıkış suyunun %100 konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Bu durum, arıtılmış atıksuyun bitki gelişimi üzerinde olumlu etki gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Öte yandan, tesisin girişinden alınan arıtılmamış atıksu konsantrasyonunun artışına bağlı olarak farklı bir eğilim izlenmiştir. %75 konsantrasyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış görülmesine rağmen, %100 uygulamasında Vigor indeksi gerileyerek kontrol grubunun belirgin şekilde altında kalmıştır. Bu sert düşüş, seyreltilmemiş atıksuyun içerdiği yüksek ağır metal yükünün tohum canlılığı üzerinde ciddi bir fitotoksik etki yarattığını ve gelişimi baskıladığını kanıtlamaktadır.




**Görsel 20. Biber (Ilıca 256) Bitkilerinin Endüstriyel Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Vigor İndeksi (VI) Değerleri (KG: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), ÇS: Çıkış Suyu, GS: Giriş Suyu)**

**Çizelge 6. Biber (Ilıca 256) Bitkilerinin Endüstriyel Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Vigor İndeksi (VI) Değerleri**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| Atıksu Konsantrasyonları % | Biber (Ilıca 256) |
|---|---|
| KG | 1104,0 ± 57,7 |
| ÇS 25 | 2707,2* ± 138,5 |
| ÇS 50 | 2458,0* ± 254 |
| ÇS 75 | 2141,0* ± 285 |
| ÇS 90 | 1666,1 ± 44,3 |
| ÇS 100 | 3738,0* ± 247 |
| GS 25 | 1904,0 ± 211 |
| GS 50 | 850,7 ± 136,7 |
| GS 75 | 2024,0* ± 590 |
| GS 90 | 1148,0 ± 482 |
| GS 100 | 597,1 ± 56,6 |
| F | 31,73 |
| P | 0,000*** |

*Kontrol grubundan farklı olan gruplar (p<0,05) ***p<0,001
F=Tek Yönlü Varyans Analizi
KG: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), ÇS: Çıkış Suyu, GS: Giriş Suyu

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sağlık ve çevre için tehlike oluşturan ağır metaller arasında Zn, Cu, Ni, As, Cd, Hg, Cr ve Pb yer almaktadır (Çatak ve Korkmaz, 2024).

Araştırmamızda kullanılan endüstriyel atık suyun bileşiminde bu metallerin çoğunun belirli seviyelerde bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Ağır metaller çevresel alanlara sızdıklarında, diğer kirleticilerden farklı olarak biyolojik olarak parçalanma yeteneğine sahip olmadıkları için, canlı organizmalar üzerinde çok düşük miktarlarda bile ciddi tehditler oluşturabilirler. Pb ve Cd metallerinin zararlı etkileri genellikle nadir durumlarda açığa çıkar. Bu metaller, fitotoksisite yerine bitkilere alınarak biriktiği ve bu şekilde besin zincirine dahil olabildiği için pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Dolayısıyla, ağır metallerin zararlılığı ile ilgili birçok çalışma Cd, Pb ve Zn metallerine odaklanmıştır (Doğaroğlu, 2018).

Doğaroğlu (2018), Özay (2018) ve Mehboob ve ark. (2018) yılında yapılan araştırmalarda, belirli dozlarda uygulanan saf ağır metallerin (Pb, Cd, Zn, Cu vb.) tohumların çimlenmesini, kök ve gövde gelişimini ve canlılık indeksini ciddi biçimde engellediği gösterilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, endüstriyel atık suların biber bitkisinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki olası etkilerini belirlemektir.

Bu araştırmada elde edilen veriler, biber tohumlarında özellikle giriş atıksularının yüksek konsantrasyonlarının %90 ve %100 çimlenme oranı ve çimlenme indeksi gibi parametrelerde azalmaya neden olduğunu; Vigor indeksinde ise %100 konsantrasyon grubunda kontrol seviyesine göre belirgin bir düşüş görüldüğünü ortaya koymuştur.

Öte yandan, çıkış atıksuyunun tüm parametreler için tüm konsantrasyonlarda kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, çıkış atıksuyunun %100 konsantrasyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Korkmaz ve Çatak'ın (2024) yaptığı çalışmalar sonucu seramik atıksuyunu %50 oranında seyreltip elde ettiği maksimum Vigor indeksi değerleri, mevcut çalışmada çıkış atıksuyunun özellikle %100 konsantrasyonunda yaşanan büyüme artışlarını desteklemektedir.

Topraktaki gelişmeler gözlemlendiğinde, her iki su grubunda da sulama sırasında toprakta gelişim sağlandığı görülmüştür; ancak giriş atıksuyunun %100 konsantrasyonu uygulandığında bitkinin yapraklarında anormal büyüme ve toprakta kararma meydana gelmiştir. Yurdakul'un (2015) belirttiği üzere, ağır metallerle kirlenen toprağın kalitesinin düşmesi, tarımsal verimde azalma ve canlı yaşamının tehlikede olması, gözlemlenen olumsuz sonuçları destekler niteliktedir.

Biber tohumları için arıtılmış atıksuyunun tarımsal sulama alanında sürdürülebilir bir çözüm sunabileceği, ancak arıtılmamış atıksuyun toprak yapısı ve bitki gelişimi üzerinde negatif etkiler yaratabileceği bu araştırmalarla ortaya konulmuştur.

## KAYNAKÇA

Adalı, S., & Yalılı Kılıç, M. (2020). Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımı: İznik örneği. *Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi, 1*(1), 12-23.

Ak, M., & Top, İ. (2018). Arıtılmış kentsel atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24*(6), 1161-1168. https://doi.org/10.5505/pajes.2017.89577

Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2011). İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *TABAD Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4*(1), 87-95.

Çatak, E., & Korkmaz, F. (2024). Bazı *Solanaceae* familyası üyelerinin çimlenme ve bitki gelişimine boya atık suyunun etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28*(3), 483-489. https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1524173

Çavuşoğlu, K., Acar, A., & Yalçın, E. (2018). Cıva (Hg) ağır metal iyonunun *Allium cepa L.* (soğan)'da teşvik ettiği fizyolojik, sitogenetik ve anatomik değişimlerin araştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6*(4), 887-892.

Da Fonseca, A. F., Herpin, U., De Paula, A. M., Victória, R. L., & Melfi, A. J. (2007). Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. *Scientia Agricola, 64*(2), 194-209.

Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., & Arzum, C. Ş. (2017). Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2*(2), 1-14.

Dere, S., & Yıldız Daşgan, H. (2023). Tere (*Lepidium sativum L.*) tohumlarının farklı kurşun konsantrasyonu stresi ve vermikompost uygulamalarında çimlenme ve bazı erken gelişim parametrelerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37*(1).

Doğaroğlu, Z. G. (2018). Kadmiyum, kurşun ve çinko metallerinin marul (*Lactuca sativa L.)* tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23*(2). https://doi.org/10.17482/uumfd.417228

Duman, H. (2017). Arıtılmış Kentsel Atıksuların Sulamada Yeniden Kullanımı; Kayseri Atıksu Arıtma Tesisi Örneği (Uzmanlık Tezi). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ertekin, E. N., & Bilgen, M. (2021). Effects of some heavy metals on germination and early seedling growth of maize (*Zea mays L.). Biological Diversity and Conservation, 14*(2). https://doi.org/10.46309/biodicon.2021.889901

Gürel, H. N. (2023). Tarımsal Sulamada Arıtılmış Kentsel Atıksuyun Kullanılmasının Risk Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.

International Seed Testing Association. [ISTA] (2018). *International rules for seed testing: 2018 edition*. International Seed Testing Association.

Korkmaz, F., & Çatak, E. (2024). Seramik atık suyunun bazı Solanaceae familyası üyelerinde çimlenme ve bitki gelişimine etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24*(061001), 1260-1266. https://doi.org/10.35414/akufemubid.1452241

Mehboob, S., Iqbal, M. Z., Shafiq, M., Kabir, M., & Zia-Ur-Rehman Farooq, Z. (2018). Effects of lead on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum L.*). *GSJ, 6*(8), 8.

Özay, C. (2018). Bazı ağır metallerin yem şalgamı'nda (*Brassica rapa L. var. rapa*) tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology, 8*(3), 71–76. https://doi.org/10.21597/jist.458578

Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., Sreeprasad, T. S., Sajanlal, P. R., & Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition, 35*(6), 905–927.

Yurdakul, İ. (2015). Kirletilmiş topraklarda ve sularda bitkisel iyileştirme teknikleri ve önemi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2*(1), 55-62.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ATIKSU ARITMA SUYUNUN DOMATES (Lycopersicon esculentum) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TARIMSAL SULAMADA TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİ, ÇİMLENME VE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ[1,2]

**Büşra UZUNOĞLU**
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
bbusrauzunogluu@gmail.com- 0009-0001-9879-6590

**Prof. Dr. Semra MALKOÇ**
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
satik@eskisehir.edu.tr- 0000-0002-8092-411X

## ÖZET

Endüstriyel üretimlerin giderek artış gösterdiği günümüzde, en kritik konulardan biri bu üretimlerin sonucunda oluşan atık suların çevre ve canlılar üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Bu atık sular, içerdikleri ağır metallerle bitkiler üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bu ağır metallerin yoğunluğuna bağlı olarak ortaya koyduğu etkilerin belirlenmesi, bu bitkileri besin olarak tüketen tüm canlılar için büyük bir öneme sahiptir. Çalışma, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nin Atıksu Arıtma Tesisi'nden alınan arıtma öncesi (AÖ) ve arıtma sonrası (AS) atıksu içeriğinde bulunan ağır metal analizi TS EN ISO 15587-1 standardına göre gerçekleştirilmiştir. AÖ ve AS atık sularının 5 farklı konsantrasyonu hazırlanmış ve domates (*Lycopersicon esculentum*) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu araştırmada ağır metal içeren suların etkisini belirlemek için çimlenme yüzdesi (ÇY), çimlenme indeksi (Çİ) ve Vigor indeksi (VI) parametreleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre domates tohumlarının ÇY üzerinde olumsuz bir etki yaratmadığı, kontrol grubuyla eşdeğer veya daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak Çİ ve VI incelendiğinde, AÖ atıksular konsantrasyon arttıkça çimlenme indeksini düşürmüş ve %50, %75 ve %100 dozlarında ise Vigor indeksini istatistiksel olarak anlamlı derecede baskılayarak toksik etki göstermiştir. Buna karşılık, AS atıksu uygulamaları çimlenme indeksinde nispeten daha az düşüşe neden olurken, Vigor indeksini %75 ve %90 dozlarında istatistiksel olarak anlamlı ölçüde artırmıştır. Sonuç olarak, domates bitkisinin arıtılmamış atıksuların fide gelişimini engellediği, uygun dozlarda arıtılmış atıksuların ise gelişimi teşvik edici potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir.

[1] Bu çalışma, "Atıksu Arıtma Suyunun Domates (*Lycopersicon esculentum*) ve Biber (*Capsicum annuum*) Yetiştiriciliğinde Tarımsal Sulamada Tekrar Kullanılabilirliği, Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" başlıklı, Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde 2026 yılında yayınlanmış lisans tezinden üretilmiştir.

[2] Bu çalışma, 1139B412502882 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu yeniden kullanımı, *Lycopersicon esculentum*, Tarımsal sulama, Vigor İndeksi

## 1. GİRİŞ

Konutlar, endüstriyel tesisler, enerji üretim tesisleri, tarımsal ve hayvansal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan, sağlığa tehlikeli kimyasal ve biyolojik maddeler içeren sular atık su olarak adlandırılır. Atık sular, yeraltı kaynakları, akarsular, göller ve denizlerde meydana gelen çevre kirliliğinin en önemli sebebidir (Dündar ve ark., 2012).

Su kirliliğini önlemek, çevresel sürdürülebilirlik açısından günümüzün en kritik meselelerinden biridir. Atık suların etkili yöntemlerle temizlenmesi veya yeniden kullanılabilir hale getirilmesi, kaliteli su kaynaklarının korunması açısından büyük önem taşımaktadır (Can ve Dulkadiroğlu, 2021).

Tarım sektörü, suyun en fazla tüketildiği alanlardan biridir (Kâtip, 2018). Doğru arıtma yöntemleri uygulanarak, atık sular tarımsal amaçlar için güvenli bir şekilde değerlendirilebilir (Can ve Dulkadiroğlu, 2021).

Sanayileşme ile hem sanayi sektöründe hem de tarım uygulamalarında kimyasalların kullanımı artmakta ve bu durum, tarım alanlarının hızla çevresel kirlenmeye maruz kalmasına neden olmaktadır (Ertekin ve ark., 2020). Toprak kirlenmesi içerisinde ağır metal kirliliği, diğer kirleticilere göre daha fazla önem kazandığı için son dönemlerde çalışmalar bu probleme odaklanmaktadır. Ağır metallerin toprakta birikimine gübreler ve pestisitler dışında, atık su, arıtılmış sıvı ve katı atıklar da katkıda bulunmaktadır (Kara ve Kara, 2018).

Topraklara karışarak biriken ağır metaller, mikrobiyal aktiviteleri, toprak verimliliğini, biyolojik çeşitliliği ve ürünlerdeki verim kaybını olumsuz etkileyebilir; hatta besin zinciri aracılığıyla sıcakkanlı hayvanlarda zehirlenmelere yol açabilir. Ağır metaller, doğada yüksek dayanıklılıkları ve zehirleyici etkileri nedeniyle tehlikeli maddeler arasında sayılmaktadır (Özay ve Mammadov, 2013).

Bu zararlı etkilerden ötürü, arıtılmadan tarımsal alanlara atık su verilmesi bitkilerin gelişimine ve toprak sağlığına zarar verirken, arıtılmış atık su içerdiği organik madde ve besin sayesinde bitki büyümesine destek verebilir (Karaer, 2025). Ayrıca, arıtılmış atık suyu gübreleme için kullanmak her zaman mümkün olmasa da uygulama en azından ticari gübre ihtiyacının bir kısmını karşılayabilir (Fırat ve ark., 2024).

Bu çalışma Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'ndeki (EOSB) arıtma tesisinin atıksu arıtma suyunun domates (*Lycopersicon esculentum*) yetiştiriciliğinde tarımsal sulamada tekrar kullanılabilirliğinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin incelenmesini amaçlamıştır.

## 2. UYGULAMALAR

### 2.1. Atıksu Arıtma Suyu Temini

Bu çalışmada kullanılmış olan arıtma öncesi (AÖ) ve arıtma sonrası (AS) atık sular Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nden (EOSB) alınmıştır (Görsel 1).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



**Görsel 21. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi'nden Alınan Atıksu Numunesi**

Arıtma öncesi ve sonrası su örneklerinin analizi için TS EN ISO 15587-1 standartına göre ICP-MSMS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) cihazı ile incelenmiştir.

Alınan atıksu %100 olarak kabul edilecek, ardından saf su ile seyreltilerek %90, %75, %50 ve %25 olacak şekilde diğer konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Kontrol serisi olarak çeşme suyu kullanılmıştır. Tüm su örnekleri otoklavda steril edilmiştir.

### 2.2. Tohum Sterilizasyon İşlemleri

Domates (*Lycopersicon esculentum*) tohumları T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Tohumlar, önce %96'lık etil alkol içinde 1 dakika bekletilmiş, ardından %5 sodyum hipoklorit çözeltisinde 25-30 dakika süresince yüzey sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir ve tohumlar, steril saf su ile beş kere yıkanmıştır (Çatak ve Korkmaz, 2024). Tohumlar 3 saat boyunca suda bekletilerek şişirilmiştir (Görsel 2). Sonrasında, içinde kurutma kağıtları olan steril Petri kaplarına konulmuştur (Özay, 2018).



ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Görsel 22. Deneyde Kullanılan Domates Tohumlarının Ekim Öncesi Hazırlık Aşaması**

### 2.3. Ekim İşlemleri ve İnkübasyon Şartları

Çimlenme deneyleri, 140 mm çapında ve 15 mm yüksekliğinde olan tek kullanımlık plastik steril Petri kapları kullanılarak yapılmıştır. İlk gün bu kaplara iki katmanlı filtre kâğıdı yerleştirilerek 10 ml, sonraki günler ise 5'er ml miktarında, arıtma öncesi ve sonrası organize sanayi atık sular eklenmiştir. Kontrol grubu için ise, ilk gün 10 ml çeşme suyu, ardından da her gün 5'er ml uygulanmıştır. Steril domates tohumlarından her Petri kabına 25 adet ekilmiştir (Özay, 2018).

Tohumlar Petri kaplarına yerleştirildikten sonra, nem kaybını engellemek için kapların üstü filtre kâğıdı ile kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler 4 gün süreyle karanlık bir ortamda, bitki büyüme kabininde (25 ± °C sıcaklık ve %70 ± nem oranında) çimlenmeye bırakılmıştır (Ertekin ve Bilgen, 2021). Cihazın çalışma koşulları ve örneklerin kabin içindeki düzeni Görsel 3'te gösterilmektedir.




**Görsel 23. Bitki Büyüme Kabinine Ait Görünümler; (A) Kontrol Paneli Ayarları, (B) Cihazın Genel Görünümü, (C) Petri Kaplarının Kabin İçi Yerleşimi**



ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Görsel 24. Bitki Büyüme Kabininde Uygulanan Işıklandırma Periyodu ve Petri Kaplarının Raf Düzeni**

Her gün çimlenme aşamasında, çimlenmiş olan tohumlar sayıldı ve "Uluslararası Tohum Test Birliği" kurallarına göre, 2 mm uzunluğundaki kökçükleri bulunan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edildi (ISTA, 2018).

Dört günün sonunda, çimlenmenin tamamlandığı düşünülmüş ve çimlenen tohumların ilk fide aşamasını tamamlaması amacıyla, Görsel 4'te gösterildiği gibi, bitki büyüme kabininde 16 saat aydınlatma ve 8 saat karanlık sağlanmıştır (Çatak ve Korkmaz, 2024; Korkmaz ve Çatak, 2024).

2.4. Fidede Yapılan Ölçümler

Tohumlar, filizlenme sürecinin başından sonuna kadar her gün takip edilmiştir. Ardından, her bir petri kabında domates için 8. günün (Görsel 5-9) sonunda 15 fidenin kök ve sürgün uzunlukları ölçülmüştür (Çatak ve Korkmaz, 2024; Korkmaz ve Çatak, 2024).



**Görsel 25. Domates Çeşme Suyu 8. gün çimlenme durumu**



**Görsel 26. AS %25 ve %50 Konsantrasyonlarında Sulanan Domates Tohumlarının 8. Gündeki Çimlenme Durumu**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



**Görsel 27. %75, %90 ve %100 Konsantrasyonlarında Sulanan Domates Tohumlarının 8. Gündeki Çimlenme Durumu**



**Görsel 28. AÖ %25 ve %50 Konsantrasyonlarında Sulanan Domates Tohumlarının 8. Gündeki Çimlenme Durumu**



**Görsel 29. AÖ %75, %90 ve %100 Konsantrasyonlarında Sulanan Domates Tohumlarının 8. Gündeki Çimlenme Durumu**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 2.5.Çimlenme ve Uzunluk Ölçümleri

Çimlenme yüzdesi

Çimlenen tohumların yüzdesi tohum sayım işlemi yapıldıktan sonra belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Dere ve Yıldız Daşgan, 2023).

$$ÇY=NÇS/TS \times 100$$

ÇY: Çimlenme yüzdesi

NÇS: Normal çimlenen tohum sayısı

TS: Toplam tohum sayısı

Çimlenme hızı/indeksi parametresi

Çimlenme hızı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Dere ve Yıldız Daşgan, 2023).

$$ÇH/I=S1/G1+S2/G2+S3/G3+\cdots+Sn/Gn$$

ÇH/I: Çimlenme hızı

S: Çimlenen tohumların sayısı

G: Çimlenme için gereken gün sayısı

Vigor indeksi (VI)

Vigor indeksi Prasad ve ark. (2012)'nin yöntemine göre aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

VI = Çimlenme yüzdesi × (kök uzunluğu + hipokotil uzunluğu).

### 2.6. İstatistiksel Analiz

Deneysel çalışmalar çerçevesinde, her grup için 5 adet fide içerecek şekilde 3 ayrı deney grubu oluşturulmuştur. Vigor İndeksi değerleri, Minitab Statistical Software 22 programı kullanılarak elde edilen verilerle tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile araştırılmıştır.

### 2.7. Toprak Yapısının Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan toprak örneklerinin pH ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri için 1:5 oranında toprak-su karışımı hazırlandı. Uygulama aşamaları çerçevesinde, toprak örnekleri önce etüvde 40 °C'de 30 dakika kurutulmuştur. Kurutulmuş örneklerden 1 gram alınıp, üzerine 5 mL saf su eklenmiş ve homojen bir karışım elde etmek amacıyla 1 saat boyunca karıştırılmıştır. Süre sonunda katı parçacıkların çökelmesi beklenmiş ve 3 saatlik bir zaman diliminde ölçümler yapılmıştır.

### 2.8. Çimlenen Tohumların Saksıya Alınması

Analizlerde kullanılan fidelerden elde edilen çimlenmiş tohumlar, saksı uygulamalarında kullanılmıştır. Saksıların ölçüleri: üst çapı 140 mm, alt çapı 120 mm ve yüksekliği 120 mm olan her bir saksıya 1,5 kg toprak eklenmiş ve 8 gün boyunca gelişim gösteren fidelerin saksıya dikimi gerçekleştirilmiştir. İlk 3 hafta boyunca AÖ ve AS adlı atıksu ve çeşitli konsantrasyonlar ile 100 ml, sonrasında ise 3 hafta boyunca 50 ml sulama yapılmış ve fide gelişimi ile domates bitkilerinin dayanıklılığı gözlemlenmiştir (Görsel 10-16).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 10. Çeşme Suyu ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 11. AS %25 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 12. AS %50 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



**Görsel 13. AS %90 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**



**Görsel 14. AS %100 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**



**Görsel 15. AÖ %50 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 16. AÖ %75 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 17. AÖ %90 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**




**Görsel 18. AÖ %100 Uygulaması ile Sulanan Domates Tohumlarının 6. Hafta Sonundaki Fide Gelişimi**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.6. EOSB'nin Atıksu Arıtma Tesisinden Alınan Atıksu İçeriği

ICP/MS tekniği kullanılarak incelenen arıtma öncesi ve arıtma sonrası atık suyun içerdiği metal türleri ve bunların miktarları Çizelge 1'de sunulmuştur. Atık suda en yüksek miktarda bulunduğu tespit edilen kalsiyum (Ca), ardından magnezyum (Mg), potasyum (K), alüminyum (Al) ve demir (Fe) ile devam etmektedir. Çok az miktarda bakır (Cu) ve kadmiyum (Cd) da mevcuttur.

**Çizelge 7. Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksu İçerisinde Bulunan Metallerin Analiz Sonuçları**

| Metal Adı | Giriş Konsantrasyonu (ppm) | Çıkış Konsantrasyonu (ppm) | Çeşme Suyu (ppm) |
|---|---|---|---|
| Kalsiyum (Ca) | 105,734 | 106,021 | 45 |
| Magnezyum (Mg) | 61,946 | 63,692 | 46 |
| Potasyum (K) | 38,436 | 44,945 | 8 |
| Alüminyum (Al) | 3,132 | 0,367 | <0,012 |
| Demir (Fe) | 0,585 | 0,248 | 0,0045 |
| Nikel (Ni) | 0,500 | 0,265 | 0,0022 |
| Çinko (Zn) | 0,205 | 0,185 | 0,0014 |
| Arsenik (As) | 0,134 | 0,387 | 0,0028 |
| Baryum (Ba) | 0,114 | 0,130 | 0,0631 |
| Mangan (Mn) | 0,055 | 0,106 | 0,0003 |
| Krom (Cr) | 0,041 | 0,025 | 0,00058 |
| Bakır (Cu) | 0,030 | 0,006 | 0,0003 |
| Kadmiyum (Cd) | 0,001 | - | <0,0002 |
| Kurşun (Pb) | - | - | <0,0003 |

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi'nden elde edilen örneklerin karakterizasyon çalışmaları çerçevesinde, giriş suyunda KOİ konsantrasyonu 2297,95 mg/L olarak tespit edilirken, arıtma sürecinin ardından bu değerin çıkış suyunda 110,87 mg/L'ye gerilediği gözlemlenmiştir (Çizelge 2).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Çizelge 8. Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Öncesi ve Sonrası Atık Suyu KOİ Değerleri**

| Parametre | Giriş Değeri (mg/L) | Çıkış Değeri (mg/L) |
|---|---|---|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) | 2297,95 | 110,87 |

### 3.7. Toprak Yapısının Özellikleri

Deneylerde kullanılan toprak numunesinin temel özelliklerini saptamak amacıyla yapılan ölçümlerin bulguları Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 9. Çalışmada Kullanılan Toprak Numunesinin Özellikleri**

| Parametre | Değer |
|---|---|
| Elektriksel İletkenlik (EC) | 148 µS/cm (21 °C) |
| pH | 8,28 (21 °C) |

### 3.8.Çimlenme Yüzdesi

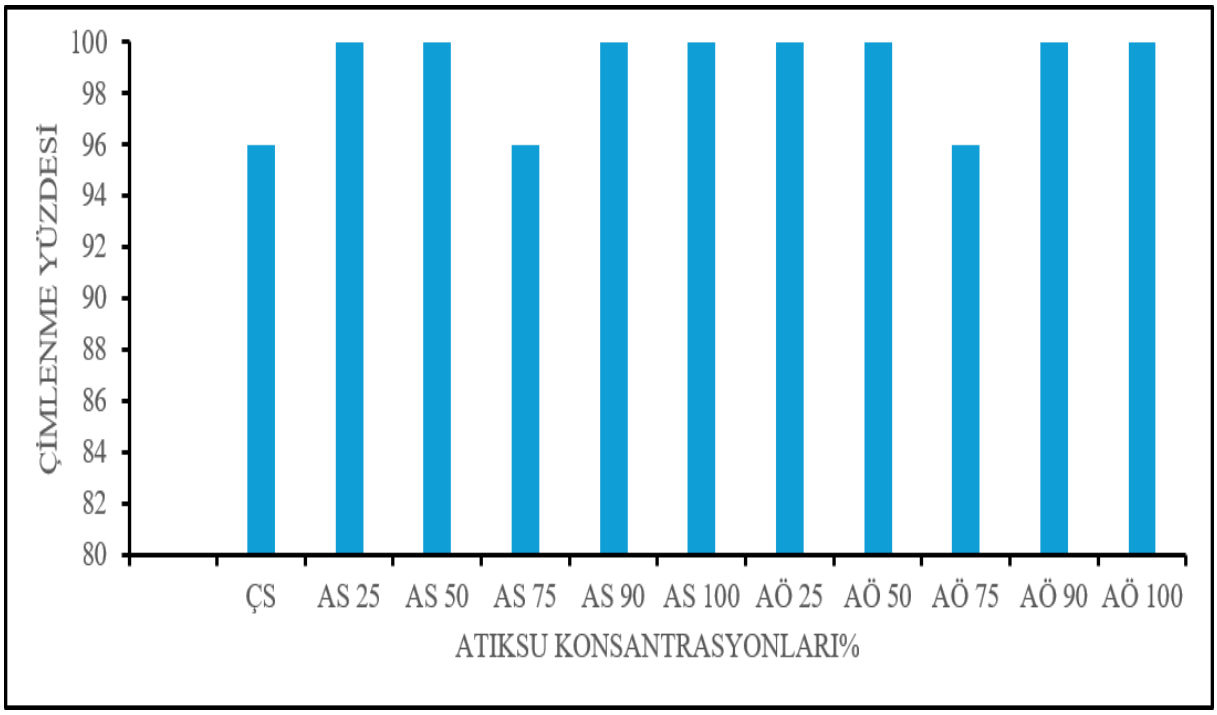
Domates tohumu ile ilgili çimlenme verileri (Çizelge 4 ve Görsel 32) incelendiğinde, kontrol grubu olarak kullanılan çeşme suyu ile %96 oranında bir çimlenme elde edilmiştir.

**Çizelge 10. Domates (H-2274) Bitkisinin Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme Yüzdesi Değerleri**

| Atıksu Konsantrasyonları % | Domates (H-2274) |
|---|---|
| ÇS | 96 |
| AS 25 | 100 |
| AS 50 | 100 |
| AS 75 | 96 |
| AS 90 | 100 |
| AS 100 | 100 |
| AÖ 25 | 100 |
| AÖ 50 | 100 |
| AÖ 75 | 96 |
| AÖ 90 | 100 |
| AÖ 100 | 100 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

AS ve AÖ atıksu uygulamaları için tüm konsantrasyonlarda bu oran %96 ile %100 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuç, domates çeşidinin atıksu nedeniyle oluşan ağır metal seviyelerine karşı dayanıklılık sergilediğini ve çimlenme döneminde atıksu kullanımının bu tohumu olumsuz etkilemediğini ortaya koymaktadır.




**Görsel 19. Domates (H-2274) Bitkisinin Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme Yüzdesi Değerleri**

3.9.Çimlenme İndeksi

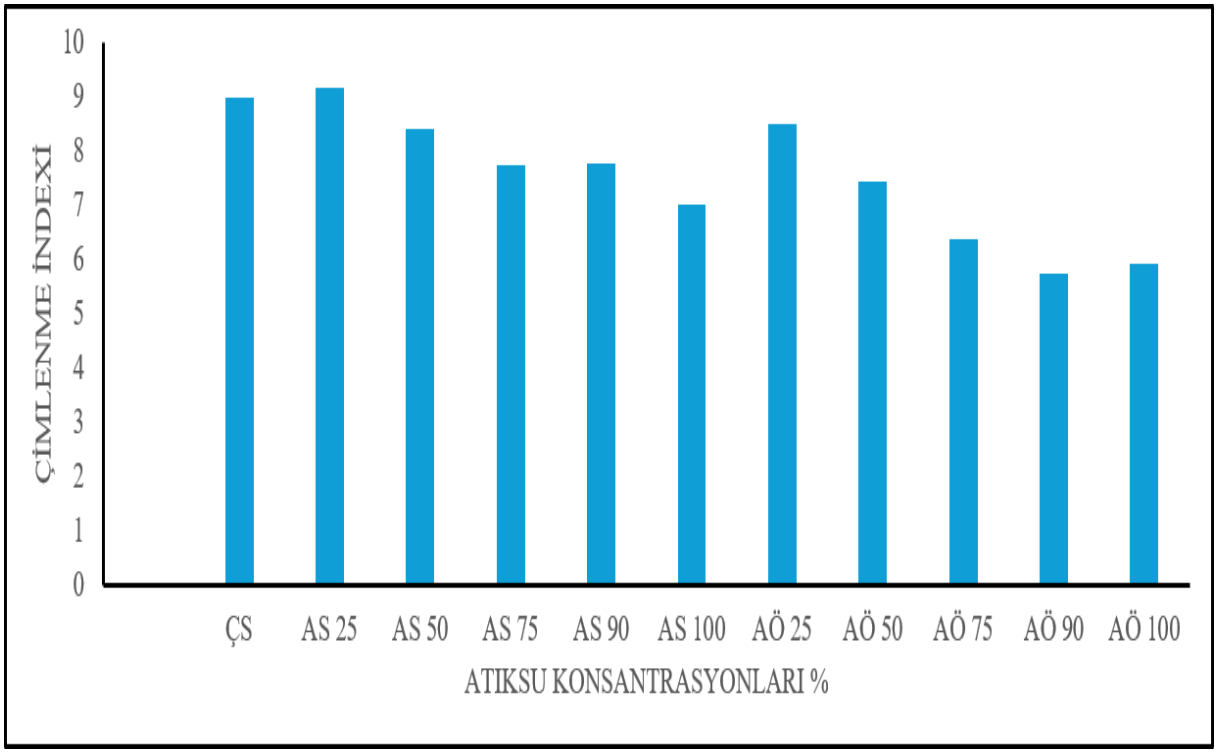
Çimlenme İndeksi kontrol grubunda ölçüm değeri 9,00 olarak belirlenirken, %25 konsantrasyonlu arıtılmış atıksu uygulamasında bu değer 9,17'ye yükselerek kontrol grubunu aşmıştır (Çizelge 5 ve Görsel 20). Bu durum, arıtılmış atıksuyun düşük konsantrasyonlarda içerdiği besin elementleri sayesinde bitki üzerinde teşvik edici bir etki yarattığına işaret etmektedir. Ancak, her iki atıksu grubunda da uygulama dozunun artışına paralel olarak ölçülen parametre değerlerinde belirgin bir azalma eğilimi tespit edilmiştir. Artan konsantrasyonla birlikte oluşan bu düşüş, arıtma öncesi uygulamalarında çok daha fazla düşüş göstermiştir.

Sonuç olarak, çimlenme indeksi parametresi için atıksuların yüksek konsantrasyonlarda doğrudan tarımsal sulamada kullanılmasının domatesin çimlenme gelişimini sınırlandırdığı, ancak arıtılmış atıksuların %25 oranında saf su ile seyreltilerek kontrol grubunu geçmesi de arıtma sonrası suyun belirli bir seviyede daha arıtılarak domates bitkisinin çimlenme gelişimine katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

**Çizelge 11. Domates (H-2274) Bitkisinin Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme İndeksi Değerleri**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| Atıksu Konsantrasyonları % | Domates (H-2274) |
|---|---|
| ÇS | 9 |
| AS 25 | 9,17 |
| AS 50 | 8,42 |
| AS 75 | 7,73 |
| AS 90 | 7,78 |
| AS 100 | 7,02 |
| AÖ 25 | 8,5 |
| AÖ 50 | 7,45 |
| AÖ 75 | 6,38 |
| AÖ 90 | 5,73 |
| AÖ 100 | 5,93 |




**Görsel 20. Domates (H-2274) Bitkisinin Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Çimlenme İndeksi Değerleri**

3.10. Vigor İndeksi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Domates bitkisinin Vigor indeksi değerleri AS atıksuyun özellikle %75 ve %90 konsantrasyonları, sadece çeşme suyu ile sulanan kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0,05$) artırmıştır (Çizelge 6 ve Görsel 21).

AÖ atıksu uygulamaları ise bitki gelişimini baskılamıştır. Özellikle AÖ %50, AÖ %75 ve AÖ %100 konsantrasyonlarında Vigor İndeksi kontrole göre anlamlı derecede düşüş göstermiştir. En düşük Vigor değeri AÖ %75 uygulamasında gözlemlenmiştir; bu da AÖ atıksuyun toksik etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

**Çizelge 12. Domates (H-2274) Bitkisinin Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Vigor İndeksi (VI) Değerleri**

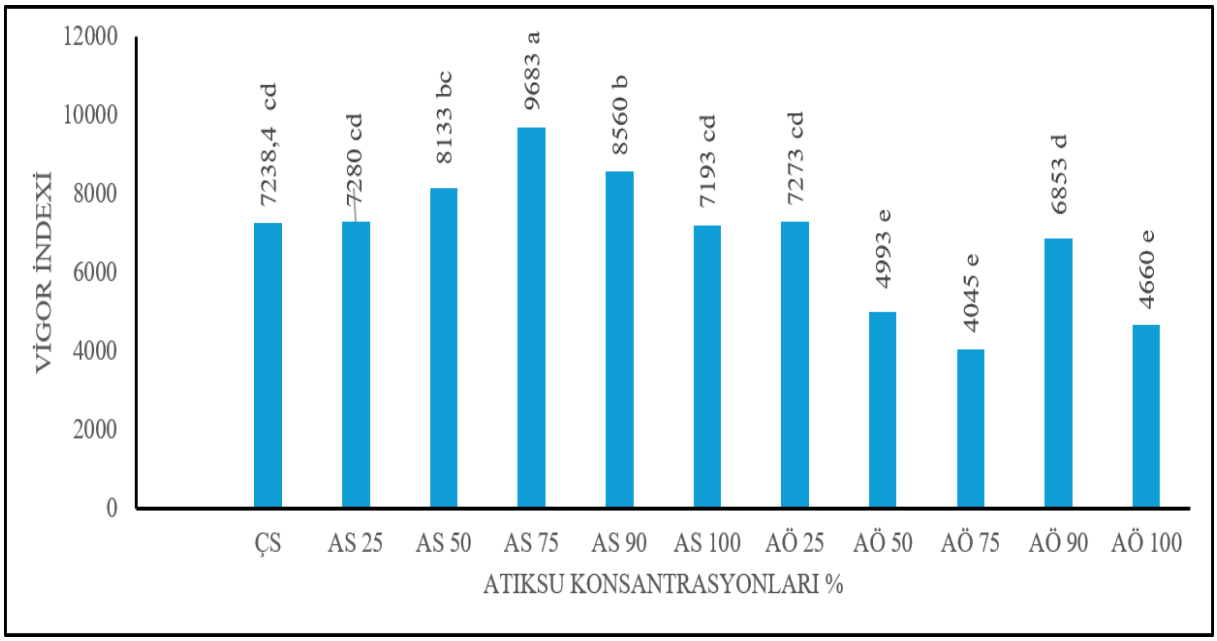
| Atıksu Konsantrasyonları % | Domates (H-2274) |
|---|---|
| ÇS | 7238,4 ± 99,8 |
| AS 25 | 7280,0 ± 231 |
| AS 50 | 8133,0 ± 408 |
| AS 75 | 9683,0* ± 276 |
| AS 90 | 8560,0* ± 420 |
| AS 100 | 7193,0 ± 455 |
| AÖ 25 | 7273,0 ± 629 |
| AÖ 50 | 4993,3* ± 92,4 |
| AÖ 75 | 4045,0* ± 205 |
| AÖ 90 | 6853,0 ± 535 |
| AÖ 100 | 4660,0* ± 158,7 |
| F | 66,86 |
| p | 0,000*** |

*Kontrol grubundan farklı olan gruplar ($p<0,05$) ***$p<0,001$

F=Tek Yönlü Varyans Analizi

ÇS: Kontrol Grubu (Çeşme Suyu), AS: Arıtma Sonrası Atıksu, AÖ: Arıtma Öncesi Atıksu

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 21. Domates (H-2274) Bitkisinin Arıtma Öncesi ve Arıtma Sonrası Atıksuların Farklı Konsantrasyonlardaki Vigor İndeksi (VI) Değerleri**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Tüm organizmalarda olduğu gibi, bitkiler de yaşamları boyunca biyolojik ve çevresel streslere maruz kalmaktadır. İnsan faaliyetleri ve doğal etkenlerin sebep olduğu çevresel streslerden biri olan ağır metal kirliliği, özellikle toprağın ve suyun kirlenmesine yol açmakta, bu durum da besin zinciri aracılığıyla tüm canlıların sağlığını tehlikeye atmaktadır. Bakır (Cu), çinko (Zn), kobalt (Co), mangan (Mn), molibden (Mo) ve nikel, bitkilerin düşük seviyelerde ihtiyaç duyduğu metallerdir; ancak yüksek miktarlarda bulunmaları bitkilerde stres yaratmaktadır. Alüminyum (Al), arsenik (As), civa (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr) ve kurşun (Pb) ise bitki büyümesi için gerekmeyen metaller olup, çok düşük seviyelerde bile bitkilere zarar verip toksik etki gösterebilmektedir. Ağır metal kirliliğine maruz kalan bitkilerdeki etkiler, metalin türü, konsantrasyonu, maruz kalma süresi ve bitki türü gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir (Sevgi ve Leblebici, 2022).

Bu çalışmada EOSB'den alınan atıksu içerisinde de bu ağır metallerin çoğu bulunmaktadır ve bunun yanı sıra belirtilen ağır metaller dışında, arıtma öncesi ve sonrası atık su örneklerinde Mg ve Mn elementlerine de rastlanmıştır (Çizelge 1).

Bolat ve Kara'nın (2017) araştırmalarında, Mg'nin bitki besininde taşıdığı önem öne çıkarılmıştır. Mg, klorofilin merkezindeki atom olup, fotosentezdeki hayati işlevi sayesinde yaşamın devamlılığında önemli bir elementtir ve aynı zamanda ATP sentezine de destek vermektedir.

Araştırmada kullanılan arıtma öncesi su örneğinde 61,95 ppm, arıtma sonrası ise 63,69 ppm oranında Mg artışı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, elde ettiğimiz yüksek konsantrasyonlu arıtma öncesi atık suyunun bitki tohumlarının gelişimi üzerindeki olumsuz etkilerinin, Mg ve Mn dışındaki diğer metallerin toksik etkilerinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Bu çalışmada, incelenen domates bitkisinin atıksu arıtma tesisinden çıkan suların içerisindeki ağır metal seviyeleri belirlenerek, atıksu arıtma suyunun domates (*Lycopersicon esculentum*) yetiştiriciliğinde tarımsal sulamada tekrar kullanılabilirliği, çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmektedir.

Arıtma öncesi ve sonrası atık su bileşiminde yer alan ağır metaller, bitkilerin gelişimine olumlu katkılar sunmalarının yanı sıra olumsuz etkilere de yol açmıştır. Bu çalışmada, AS ve AÖ atıksuyun çimlenme yüzdesini etkilemediği, çimlenme indeksinde ise AS atıksu uygulamasında %25 uygulamasında kontrole kıyasla artış yaşanırken diğer AS ve AÖ gruplarında kontrole kıyasla gerilemeler olmuştur. Bunun yanı sıra, Vigor indeksinde ise AS sonrası suyun %75 ve %90 konsantrasyonlarında istatistiksel olarak artış yaşanmıştır. AÖ atıksular %50, %75 ve %100 dozlarında ise Vigor indeksini istatistiksel olarak anlamlı derecede baskılayarak toksik etki göstermiştir.

Literatür incelemesi yapıldığında, sanayi kaynaklı atıksuların ve bu atıksularda bulunan ağır metallerin bitki büyümesi üzerindeki etkilerinin metal türü ve konsantrasyonuna göre değişkenlik gösterdiği dikkat çekmektedir. Örneğin, Çatak ve Korkmaz (2024) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, boya sektöründen elde edilen atıksuyun artan konsantrasyonunun domates ve biber tohumlarının büyümesi üzerinde olumsuz bir etki yarattığı ifade edilmiştir. Benzer bir şekilde, Ertekin ve Bilgen (2021)'in at dişi mısırı üzerinde yaptığı araştırmada, Ertekin ve ark. (2020)yılında başka bir çalışmasında da sorgum bitkisinde ağır metallerin toksik etkilerini incelemiş; özellikle cıva (Hg) ve kadmiyum (Cd) elementlerinin önemli baskılayıcı etkilerini gözler önüne sermiştir. Kara ve ark. (2022)'deki araştırması ise ağır metallerin zararlarının bitkinin gelişim aşamasına, metalin türüne ve yoğunluğuna bağlı olduğunu ortaya koyarak, örneğin kromun biber yetiştiriciliğinde etkisinin olmadığını belirtmiştir. Bu çerçevede, yürüttüğümüz çalışmada elde edilen bulgular, atıksu içerisinde bulunan metallerin bitki gelişimine hem olumlu hem de olumsuz şekilde etki edebileceğini göstererek mevcut literatürü pekiştirmektedir.

## KAYNAKÇA

Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19*(1), 218-228.

Can, S., & Dulkadiroğlu, H. (2021). Arıtılmış atıksuların tarımda kullanımı ve insan sağlığı yönünden risk değerlendirmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10*(2). https://doi.org/10.17100/nevbiltek.96954

Çatak, E., & Korkmaz, F. (2024). Bazı *Solanaceae* familyası üyelerinin çimlenme ve bitki gelişimine boya atık suyunun etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28*(3), 483-499. https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1524173

Dere, S., & Yıldız Daşgan, H. (2023). Tere (*Lepidium sativum L.)* tohumlarının farklı kurşun konsantrasyonu stresi ve vermikompost uygulamalarında çimlenme ve bazı erken gelişim parametrelerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37*(1).

Dündar, M. Ş., Altundağ, H., Kaygaldurak, S., Şar, V., & Acar, A. (2012). Çeşitli endüstriyel atık sularda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Sakarya University Journal of Science, 16*(1), 6-12.

Ertekin, E. N., & Bilgen, M. (2021). Effects of some heavy metals on germination and early seedling growth of maize (*Zea mays L.*). *Biological Diversity and Conservation, 14*(2), 198-207. https://doi.org/10.46309/biodicon.2021.889901

Ertekin, E. N., Ertekin, İ., & Bilgen, M. (2020). Effects of some heavy metals on germination and seedling growth of *sorghum. KSU Journal of Agriculture and Nature, 23*(6), 1608-1615. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.v23i54846.722592

Fırat, B., Sericik, S., Çakmak, Y., Uğuzlu, S., & Demir, Ö. (2024). Atıksuların yeniden kullanımına genel bir bakış. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12*. https://doi.org/10.29130/dubited.1207875

International Seed Testing Association. (2018). *International rules for seed testing: 2018 edition*. International Seed Testing Association.

Kara, E. E., & Kara, E. (2018). Toprakta ağır metal kirliliğinin insan sağlığına etkileri ve çözüm önerileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 11*(1). https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/608604

Kara, E., Sarıkaya, M. F., Çilesiz, Y., Akkaş, F., Karaköy, T., & Baktemur, G. (2022). Farklı dozlarda uygulanan ağır metallerin in vitro koşullarda biber (*Capsicum annuum*) bitkisi gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9*(4), 957-967. https://doi.org/10.30910/turkjans.1141400

Karaer, M. (2025). Effects of different treated wastewater levels on maize germinated in hydroponic environment. *Black Sea Journal of Agriculture, 8*(2). https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1624429

Kâtip, A. (2018). Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanlarının değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7*(2). https://doi.org/10.28948/ngumuh.432827

Korkmaz, F., & Çatak, E. (2024). Seramik atık suyunun bazı *Solanaceae* familyası üyelerinde çimlenme ve bitki gelişimine etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24*(061001). https://doi.org/10.35414/akufemubid.1452241

Özay, C. (2018). Bazı ağır metallerin yem şalgamı'nda (*Brassica rapa L. var. rapa*) tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology, 8*(3). https://doi.org/10.21597/jist.458578

Özay, C., & Mammadov, R. (2013). Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15*(1), 68-77.

Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., Sreeprasad, T. S., Sajanlal, P. R., & Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition, 35*(6), 905–927.

Sevgi, K., & Leblebici, S. (2022). Bitkilerde ağır metal stresine verilen fizyolojik ve moleküler yanıtlar. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 7*(4), 528-536. https://doi.org/10.35229/jaes.1160228

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PASİF ÖRNEKLEME YAKLAŞIMIYLA ÜNİVERSİTE BİNALARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖRNEĞİ[1]

**Doç. Dr. Özlem ÖZDEN ÜZMEZ**

Eskişehir Teknik Üniversitesi

oozden@eskisehir.edu.tr- 0000-0003-4310-788X

**Çevre Mühendisi Arzu ÇALLAR**

Eskişehir Teknik Üniversitesi

arzu.callar618@gmail.com- 0009-0001-5983-1373

## ÖZET

Bu çalışmada, Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde iç ortam hava kalitesi ozon ($O_3$), azot dioksit ($NO_2$) ve kükürt dioksit ($SO_2$) kirleticileri ele alınarak pasif örnekleme yöntemiyle incelenmiştir. Örnekleme çalışmaları beş günlük periyotta derslik, ofis, koridor, laboratuvar, tuvalet gibi iç ortamlarda ve ayrıca dış ortamda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiş ve kirletici seviyelerinin noktasal dağılımı karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, $O_3$ konsantrasyonları iç ortamlarda 3,843±0,302 - 12,148±0,461 µg/m$^3$ aralığında değişmiş; en düşük değer derslikte, en yüksek değer ise koridorda ölçülmüştür. Dış ortamda ise 19,463±1,597 µg/m$^3$ ile iç ortamlardan daha yüksek değer elde edilmiştir. Bu durum, ozonun büyük ölçüde dış ortam kaynaklı olduğunu ve iç ortamlarda yüzey reaksiyonları ile tüketilebildiğini göstermektedir. İç ortam $NO_2$ konsantrasyonları 5,449±0,347 - 7,097±0,299 µg/m$^3$ aralığında değişmektedir ve farklı iç ortamlara ait konsantrasyonlar birbirine oldukça yakın değerlerde elde edilmiştir. Dış ortam $NO_2$ konsantrasyonu ise 18,494±0,414 µg/m$^3$ olarak belirlenmiştir ve $O_3$ kirleticisinde olduğu gibi iç ortam konsantrasyonlarından çok daha yüksek dış ortam seviyeleri gözlenmiştir. $SO_2$ konsantrasyonları iç ortamlarda 4,055±0,162 - 8,629±0,036 µg/m$^3$ aralığında olup, en yüksek değer koridorda ölçülmüştür. Ortalama dış ortam $SO_2$ konsantrasyonu 6,895±0,014 µg/m$^3$ olarak belirlenmiştir ve iç ortam konsantrasyonlarıyla yakın seviyelerde olduğu görülmüştür. İç/Dış (İ/O) oranları incelendiğinde, $O_3$ ve $NO_2$ için tüm noktalarda <1 olarak elde edilmiştir, bu da her iki kirleticinin daha çok dış ortam kaynaklı olduğunu göstermektedir. $SO_2$ için koridor, laboratuvar gibi iç ortamlarda İ/O oranının >1 olarak elde edilmesi, bu noktalarda iç

[1] Bu çalışma, 25ADP206 numaralı Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi ile 1919B012454380 numaralı 2209-A TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

[2] Bu çalışma, 2026 yılında Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde tamamlanan "Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü İç Ortam Hava Kalitesinin Pasif Örnekleme Yöntemiyle İncelenmesi" başlıklı Lisans Bitirme Tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ortam kaynaklarının baskınlığına veya yetersiz havalandırma koşullarına işaret etmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, en belirgin dış ortam etkisi $O_3$ ve $NO_2$ kirleticilerinde gözlenirken, $SO_2$ kirleticisinin iç ortam dinamiklerinden daha fazla etkilendiği gözlenmiştir. Bu sonuç, iç ortam hava kalitesinin yalnızca dış ortamdan havasından değil, bina içi kullanım özellikleri ve havalandırma koşullarıyla da yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İç ortam hava kalitesi, Üniversite Kampüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Pasif örnekleme, $O_3$, $NO_2$, $SO_2$.

## 1. GİRİŞ

İç ortam hava kalitesi, bireylerin günlük yaşamlarının büyük bölümünü kapalı ortamlarda geçirmesi ve bu ortamlardaki hava kirleticilerine sürekli maruz kalabilmesi nedeniyle çevresel sağlık açısından önemli bir araştırma alanıdır. Dünya Bankası tarafından iç ortam hava kirliliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli çevresel sorunlardan biri olarak değerlendirilmiştir (World Bank, 1992). İç ortam hava kirliliği; yapı ve kaplama malzemeleri, temizlik ürünleri, insan faaliyetleri, yanma süreçleri ve ısıtma-soğutma sistemleri gibi iç kaynakların yanı sıra dış ortam havasından infiltrasyon yoluyla taşınan kirleticilerden kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle iç ortam hava kalitesi, bina özellikleri, havalandırma koşulları, kullanıcı yoğunluğu, gerçekleştirilen faaliyetler ve dış ortam hava kalitesi gibi çok sayıda değişkenin birlikte etkilediği dinamik bir yapı göstermektedir (Branco vd., 2024).

İç ortam hava kirleticilerine maruziyetin temel yolu solunum olmakla birlikte, kirleticilerin özelliklerine bağlı olarak deri teması ve yutma gibi farklı maruziyet yolları da söz konusu olabilmektedir. İnsanların zamanlarının % 90'ından fazlasını iç mekânlarda geçirebildiğini gösteren çalışmalar, iç ortamların toplam çevresel maruziyet açısından önemini ortaya koymaktadır (Wallace, 1996). Bu kapsamda iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesinde yalnızca kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi değil, aynı zamanda bu konsantrasyonları etkileyen çevresel ve yapısal koşulların da dikkate alınması gerekmektedir. Nitekim eğitim yapılarında gerçekleştirilen güncel bir derleme çalışmasında; bina konumu ve tasarımı, yapı ve kaplama malzemeleri, havalandırma sistemleri, kullanıcı yoğunluğu ve kullanıcı aktivitelerinin iç ortam hava kalitesini etkileyen temel parametreler olduğu belirtilmiştir (Branco vd., 2024).

Eğitim yapıları, kullanıcıların gün boyunca uzun süre bulunduğu, kullanıcı yoğunluğunun değişkenlik gösterdiği ve farklı amaçlarla kullanılan alanları barındırdığı için iç ortam hava kalitesi açısından önemli ortamlar olarak değerlendirilmektedir. Özellikle sınıf, laboratuvar, ofis, koridor ve benzeri alanların kullanım amaçları ve kullanıcı yoğunluklarının farklı olması, bu alanlarda ölçülen kirletici konsantrasyonlarının da farklılaşmasına neden olabilmektedir. Settimo vd. (2020) tarafından okul ortamlarında gerçekleştirilen çalışmada, öğrencilerin bulunduğu dönemlerde $PM_{2,5}$, $NO_2$ ve $CO_2$ konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiş ve iç ortam hava kalitesinin kullanıcı faaliyetleri ile havalandırma koşullarından önemli ölçüde etkilendiği ortaya konmuştur. Benzer şekilde, üniversite akademik binalarında gerçekleştirilen bir çalışmada, iç ortam hava kalitesinin bina kullanım özellikleri ve gerçekleştirilen faaliyetlere

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

bağlı olarak farklılık gösterdiği; özellikle laboratuvar kullanımının bazı kirleticilerin iç ortam konsantrasyonları üzerinde etkili olabildiği bildirilmiştir (Mundackal & Ngole-Jeme, 2022).

Üniversite kampüsleri, farklı bina türleri ve kullanım alanlarını bünyesinde barındırması nedeniyle iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi açısından ayrıca önem taşımaktadır. Ramírez vd. (2023) tarafından üniversite kampüslerinde hava kalitesi üzerine yapılan literatür incelemesinde, partikül maddelerin ($PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ ve $PM_{10}$) en fazla araştırılan kirleticiler olduğu; $SO_2$, $NO_2$ ve $O_3$ gibi gaz kirleticilerin de kampüs hava kalitesi çalışmalarında ele alındığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, üniversite kampüslerine yönelik hava kalitesi araştırmalarının genel kapsamının sınırlı olduğu ve farklı coğrafi bölgeler arasında önemli araştırma boşluklarının bulunduğu vurgulanmıştır. Çalışmada ayrıca kampüslerdeki hava kirliliğinin öğrencilerin sağlığı, bilişsel performansı ve akademik yaşamı açısından dikkate alınması gereken bir konu olduğu ifade edilmiştir (Ramírez vd., 2023).

Üniversite kampüslerinde yürütülen saha çalışmaları da farklı kullanım alanlarının iç ortam hava kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Bhat vd. (2022) tarafından Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsünde gerçekleştirilen araştırmada, kampüsün farklı iç ve dış ortam noktalarında $SO_2$, $NO_2$, $O_3$ ve $PM_{2,5}$ gibi kirleticiler ile mikrobiyal parametreler değerlendirilmiş ve iç ortam hava kalitesinin kampüs kullanım koşullarına bağlı olarak değişebildiği gösterilmiştir. Bu sonuçlar, üniversite kampüslerinde iç ortam hava kalitesinin tek bir bina veya tek bir kullanım alanı üzerinden değerlendirilmesi yerine, farklı iç ortamların dikkate alındığı ölçüm stratejilerine ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Literatürdeki çalışmalar, eğitim yapılarında iç ortam hava kalitesinin; partikül maddeler ve gaz kirleticiler başta olmak üzere çok sayıda kirletici ve bunları etkileyen çeşitli çevresel faktörler açısından ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, üniversite kampüslerinde farklı kullanım alanlarını aynı çalışma kapsamında ele alan ve özellikle $NO_2$, $SO_2$ ve $O_3$ gibi gaz kirleticilerin iç ve dış ortam düzeylerini birlikte değerlendiren çalışmaların sınırlı olması, bu alanda daha kapsamlı saha araştırmalarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Ayrıca eğitim yapılarındaki farklı iç ortamların birbirinden ayrılarak değerlendirilmesi, iç ortam hava kalitesindeki mekânsal farklılıkların ortaya konulması açısından önem taşımaktadır (Branco vd., 2024; Ramírez vd., 2023).

Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsü Çevre Mühendisliği Bölümü'nde öğrencilerin ve akademik personelin yoğun olarak bulunduğu farklı iç ortamlarda $NO_2$, $SO_2$ ve $O_3$ konsantrasyonlarını belirlemek ve iç ortam hava kalitesini değerlendirmektir. Bu kapsamda derslik, koridor, ofis, tuvalet ve laboratuvar olmak üzere farklı kullanım özelliklerine sahip iç ortam noktalarında pasif örnekleme yöntemiyle ölçümler gerçekleştirilmiş; ayrıca dış ortam hava kalitesi eş zamanlı olarak değerlendirilmiştir. Böylece farklı kullanım alanlarındaki gaz kirletici düzeylerinin karşılaştırılması ve dış ortam koşullarının iç ortam hava kalitesi üzerindeki olası etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme Noktaları

Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsü, Tepebaşı ilçesi Gazipaşa Mahallesi sınırları içinde, şehir merkezine yaklaşık 6,4 km uzaklıkta konumlanmaktadır. Toplam 4.530.000 $m^2$ yüzölçümüne sahip kampüsün 273.330 $m^2$'lik kısmı yeşil alanlardan oluşmakta olup yerleşim açısından görece izole bir yapı sergilemektedir. En yakın yerleşim birimi yaklaşık 8,7 km mesafedeki Muttalip Mahallesi'dir.

Kampüs bünyesinde beş fakülte (Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri, Havacılık ve Uzay Bilimleri, Spor Bilimleri), iki enstitü (Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ve Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü), Yabancı Diller Yüksekokulu ile spor tesisleri ve Hasan Polatkan Havaalanı bulunmaktadır (Görsel 2.1).




**Görsel 2.1. Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsü**

İç ortam örnekleme çalışmaları; derslik, koridor, ofis, tuvalet ve öğrenci laboratuvarı olmak üzere toplam beş farklı noktada yürütülmüş olup, dış ortamda ise bölüm sekreterliği ve laboratuvar bölgelerinde iki ayrı noktada örnekleme gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktaları Görsel 2.2.'de kat planı üzerinde gösterilmektedir.

### 2.2. İnorganik Gaz Kirleticiler İçin Pasif Örnekleyiciler

Bu çalışmada gaz kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla, Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kalitesi Araştırma Grubu tarafından geliştirilmiş, tasarlanmış ve üniversite bünyesindeki atölyelerde üretimi sağlanmış pasif örnekleyiciler kullanılmıştır. Teflon malzemeden üretilen pasif örnekleyiciler $NO_2$ ve $SO_2$ kirleticileri için, delrinden üretilen pasif örnekleyiciler ise $O_3$ kirleticisinin örneklenmesi için kullanılmıştır. $NO_2$ ve $SO_2$ aynı tutma ortamında tek bir örnekleyici ile eş zamanlı olarak toplanabilirken, $O_3$ için ayrı bir örnekleyici kullanılmıştır. Tüm örnekleyiciler 2,5 cm uzunluk

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ve 2 cm iç çapa sahiptir. Tutma ortamı olarak; $NO_2$ ve $SO_2$ için %20 trietanolamin (TEA) çözeltisi ile, $O_3$ için ise %1 sodyum nitrit ($NaNO_2$), %2 sodyum karbonat ($Na_2CO_3$) ve %2 gliserol içeren çözelti ile kaplanmış Whatman GF/A fiber glass filtre kâğıtları kullanılmıştır. Örnekleyici iç çapına uygun boyuta sahip filtre kağıtları kurutularak örnekleyici tabanına yerleştirilmiş ve örnekleyiciler örnekleme için hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan pasif örnekleyiciler seçilen iç ve dış ortamlara, uygun asma aparatları ile yerleştirilmiştir (Görsel 2.3).




**Görsel 2.2. Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Kat Planı**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 2.3. İç ve Dış Ortam Örneklemelerine Ait Örnek Fotoğraflar**

Pasif örnekleme çalışmaları tüm noktalarda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Pasif örnekleyiciler yaklaşık 4-5 gün süreyle örnekleme noktalarında bırakılmıştır. Çizelge 2.1'de, pasif örnekleyicilerin yerleştirilme, toplanma tarihleri ve saatleri verilmiştir.

**Çizelge 2.1. Pasif Örnekleyicilerin Yerleştirilme ve Toplanma Tarihleri**

| Örnekleme Noktası | Örnekleyicileri Asma İşlemi | | Örnekleyicileri Toplama İşlemi | | Asılı Kalma Süresi | Asılı Kalma Süresi (sn) | Ortalama sıcaklık (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tarih | Saat | Tarih | Saat | Gün | | |
| **Koridor** | 2.12.2024 | 11:48 | 6.12.2024 | 12:54 | 4 gün 1 saat 6 dakika | 349560 | |
| **Laboratuvar** | 2.12.2024 | 11:33 | 6.12.2024 | 12:56 | 4 gün 1 saat 23 dakika | 350580 | |
| **Derslik** | 2.12.2024 | 12:34 | 6.12.2024 | 12.58 | 4 gün 24 dakika | 347040 | 23 |
| **Ofis** | 2.12.2024 | 11:37 | 6.12.2024 | 13:00 | 4 gün 1 saat 23 dakika | 350580 | |
| **Tuvalet** | 2.12.2024 | 11:50 | 6.12.2024 | 13:05 | 4 gün 1 saat 15 dakika | 350100 | |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Dış Ortam (Sekreterlik)** | 2.12.2024 | 16:00 | 6.12.2024 | 16:30 | 4 gün 30 dakika | 347400 | 6 |
| **Dış Ortam (Lab.)** | 2.12.2024 | 16:15 | 6.12:2024 | 16:48 | 4 gün 33 dakika | 347580 | 6 |

### 2.3. Analiz Öncesi İşlemler ve Örneklerin Analiz Edilmesi

Analizlerde ölçüm doğruluğunu sağlamak amacıyla Thermo Scientific ICS-1100 iyon kromatografi cihazı kullanılmış ve cihaz kalibrasyonu, 0,025–100 ppm aralığında hazırlanan standart çözeltiler ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon eğrilerinin geçerliliği regresyon katsayısı ($R^2$) üzerinden değerlendirilmiş ve sonuçların kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna göre, $R^2$ değerleri nitrit iyonu için 0,9890, nitrat iyonu için 0,9989 ve sülfat iyonu için 0,9989 olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan kalibrasyon eğrileri temel alınarak numune analizleri gerçekleştirilmiştir.

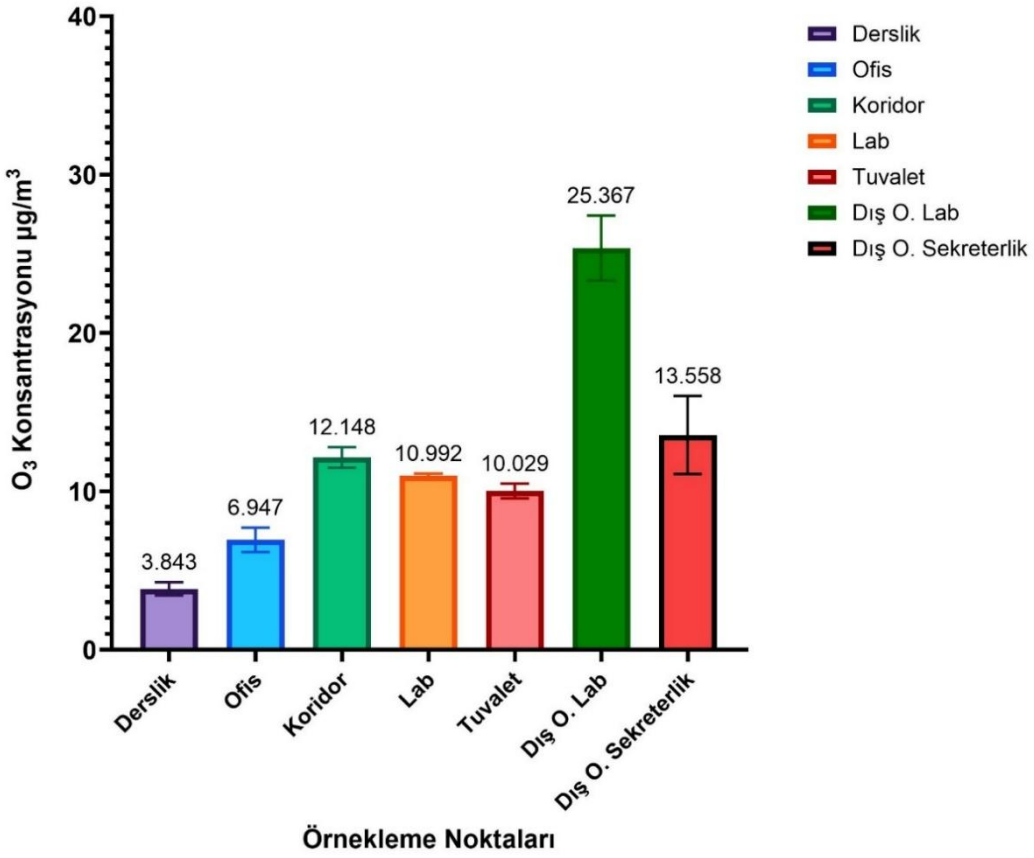
Pasif örnekleme ile toplanan numunelerin ekstraksiyonu ultra saf su (Milli-Q) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. $NO_2$, tutma ortamında trietanolamin (TEA) ile reaksiyona girerek nitrit ($NO_2^-$), $SO_2$ ise sülfat ($SO_4^{-2}$) iyonuna dönüşmektedir. $O_3$ örnekleyicilerinde ise başlangıçtaki nitrit ($NO_2^-$) iyonları ozon ile reaksiyona girerek nitrat ($NO_3^-$) iyonuna dönüşmektedir. Örnekleme sonrası filtre kâğıtlarında toplanan iyonlar, 10 mL ultra saf su ile 15 dakika ekstrakte edilmiş ve elde edilen çözeltilerdeki $NO_2^-$, $NO_3^-$ ve $SO_4^{-2}$ iyonları Thermo Scientific Dionex ICS-1100 iyon kromatografi cihazı ile analiz edilmiştir. Analizler esnasında elde edilen pikler manuel olarak entegre edilerek iyon konsantrasyonları ppm cinsinden hesaplanmıştır.

## 3. SONUÇLAR

### 3.1. $O_3$ Konsantrasyon Değerleri

Bu çalışmada, Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde farklı iç ortam noktalarında (derslik, ofis, koridor, laboratuvar, tuvalet) ve dış ortamda ozon ($O_3$) konsantrasyonları pasif örnekleme yöntemiyle belirlenerek karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre, $O_3$ konsantrasyonları sırasıyla derslikte 3,843 µg/m$^3$, ofiste 6,947 µg/m$^3$, koridorda 12,148 µg/m$^3$, laboratuvarda 10,992 µg/m$^3$, tuvalette 10,029 µg/m$^3$ ve dış ortamda ortalama 19,463±8,350 µg/m$^3$ olarak belirlenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 3.1. Tüm Noktalarda Ölçülen $O_3$ Konsantrasyonları**

Bulgular, ozon konsantrasyonlarının iç ortamlar arasında değişkenlik gösterdiğini ve dış ortam değerlerinin tüm iç ortamlardan daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Görsel 3.1). Düşük havalandırmaya sahip derslik ve ofislerde daha düşük seviyeler ölçülürken, dış hava ile etkileşimi yüksek olan koridor, laboratuvar ve tuvalet gibi alanlarda daha yüksek konsantrasyonlar belirlenmiştir. Bu durum, ozonun başlıca kaynağının dış ortam olduğunu ve iç ortamlara taşınım yoluyla ulaştığını göstermektedir. İç ortam ozon seviyelerinin kullanım ve havalandırma koşullarına bağlı olarak değiştiği anlaşılmaktadır.

Çalışmada elde edilen $O_3$ konsantrasyonları, literatürde üniversite kampüsleri için bildirilen değerlerle genel olarak uyumludur. Dış ortamda ölçülen 19,463±8,350 µg/m$^3$ değeri, Ramírez vd. (2023) (15–60 µg/m$^3$) ve Mundackal ve Ngole-Jeme (2022) (20–50 µg/m$^3$) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen aralıklar içinde yer almaktadır.

İç ortam konsantrasyonları derslikte 3,843 µg/m$^3$, ofiste 6,947 µg/m$^3$, koridorda 12,148 µg/m$^3$, laboratuvarda 10,992 µg/m$^3$ ve tuvalette 10,029 µg/m$^3$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler, Branco vd. (2024) tarafından belirtilen 2–15 µg/m$^3$ aralığı ile uyumlu olup, derslik ve ofis alt-orta seviyelerde, koridor, laboratuvar ve tuvalet ise üst sınıra yakın değerler göstermektedir. Zhang vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada ise, iç ortamlarda ozonun genellikle düşük seviyelerde bulunduğu, ancak havalandırmaya bağlı olarak 10 µg/m$^3$ üzerine çıkabildiği belirtilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Mekânsal farklılıklar incelendiğinde, koridorda ölçülen yüksek değerler dış ortamla yoğun hava değişimi ve insan hareketliliği ile; laboratuvar ve tuvaletteki değerler ise mekanik havalandırma ile açıklanmaktadır. Bu durum, ozonun iç ortamlarda dış hava girişine duyarlı olduğunu gösteren çalışmalarla uyumludur (Mundackal ve Ngole-Jeme, 2022; Branco vd., 2024). Derslik ve ofislerde daha düşük seviyeler ise sınırlı havalandırma ve ozonun reaktif yapısı nedeniyle hızlı tüketimi ile ilişkilidir (Zhang vd., 2024).

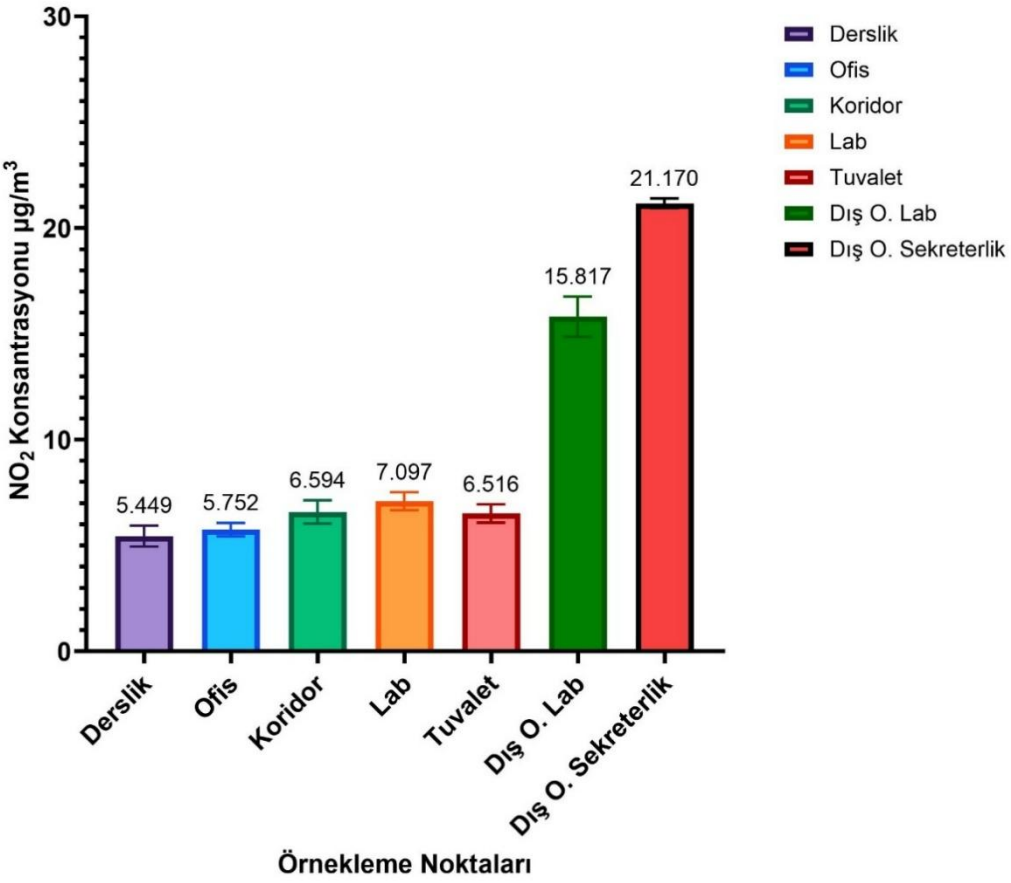
Genel olarak iç ortam ozon seviyelerinin dış ortama göre daha düşük olduğu ve bu durumun literatürde verilen İç/Dış oranları (İ/D) (0,1–0,6) ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bulgular, ozon dağılımında dış ortam konsantrasyonları, havalandırma koşulları ve mekânsal kullanımın belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

### 3.2. $NO_2$ Konsantrasyon Değerleri

Bu çalışma kapsamında, Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde seçilen farklı iç ortam noktalarında (derslik, ofis, koridor, laboratuvar ve tuvalet) ile dış ortamda azot dioksit ($NO_2$) konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; derslikte 5,449 $\mu g/m^3$, ofiste 5,752 $\mu g/m^3$, koridorda 6,594 $\mu g/m^3$, laboratuvarda 7,097 $\mu g/m^3$, tuvalette 6,516 $\mu g/m^3$ ve dış ortamda ortalama 18,494±3,785 $\mu g/m^3$ $NO_2$ konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler, iç ortamlarda ölçülen $NO_2$ seviyelerinin birbirine oldukça yakın ve nispeten düşük düzeylerde olduğunu, buna karşılık dış ortamda ölçülen konsantrasyonların iç ortamlara kıyasla belirgin biçimde daha yüksek olduğunu göstermektedir (Görsel 3.2).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 3.2. Tüm Noktalarda Ölçülen $NO_2$ Konsantrasyonları**

Çalışmada elde edilen $NO_2$ konsantrasyonları, literatürde üniversite kampüsleri ve iç ortam hava kalitesine ilişkin bildirilen sayısal aralıklarla karşılaştırıldığında genel olarak uyumlu bir dağılım göstermektedir. Dış ortamda ölçülen ortalama değer 18,494±3,785 µg/m$^3$ olup, bu değer Bhat vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kampüs dış ortamında raporlanan 5–30 µg/m$^3$ aralığı içinde yer almaktadır. Aynı şekilde Ramírez vd. (2023), üniversite kampüslerinde dış ortam $NO_2$ seviyelerinin genel olarak 10–40 µg/m$^3$ aralığında değiştiğini bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen değer ise, literatürde tanımlanan aralıkların alt-orta bandında konumlanmakta olup, kampüsün şehir merkezine uzak konumuna rağmen havaalanı kaynaklı emisyonlar ve kampüs içi trafik aktiviteleri gibi lokal kaynakların etkisiyle açıklanabilir.

İç ortam $NO_2$ konsantrasyonlarının 5–7 µg/m$^3$ aralığında değiştiği belirlenmiştir. Settimo vd. (2020), okul ve benzeri iç ortamlarda $NO_2$ seviyelerinin yaklaşık 10–40 µg/m$^3$ aralığında seyrettiğini ve dış ortam koşulları ile güçlü bir ilişki gösterdiğini rapor etmiştir. Sabry Elattar vd. (2025), üniversite iç ortamlarında $NO_2$ konsantrasyonlarının genel olarak 8–35 µg/m$^3$ arasında değişebildiğini ve havalandırma özelliklerine bağlı olarak daha düşük seviyelerin de görülebileceğini belirtmiştir. Zhang vd. (2024) ise iç ortam $NO_2$ seviyelerinin 5–30 µg/m$^3$ aralığında değiştiğini ve özellikle havalandırma yoğunluğu ile bina karakteristiğinin belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında elde edilen 5–7 µg/m$^3$ değerleri, söz

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

konusu çalışmaların alt sınırına karşılık gelmekte olup düşük iç kaynak etkisi ve dış ortam kontrollü hava girişinin baskın olduğu bir iç ortam yapısını göstermektedir.

İç ortamlar arasındaki mekânsal farklılıklar değerlendirildiğinde, laboratuvarda ölçülen 7,097 µg/$m^3$ değeri diğer iç ortam noktalarına göre daha yüksek olup bu durum Zhang vd. (2024) tarafından vurgulanan iç ortam mikro-kaynak etkileri ve Sabry Elattar vd. (2025) tarafından belirtilen cihaz kullanımı ve faaliyet kaynaklı lokal emisyonlarla uyumludur. Koridor ve tuvaletlerde yaklaşık 6,5 µg/$m^3$ seviyelerinin gözlenmesi, bu alanların yüksek hava değişim oranı ve dış ortamla doğrudan bağlantılı hava akışı nedeniyle Settimo vd. (2020) tarafından tanımlanan iç-dış ortam dengeleme davranışını yansıtmaktadır. Derslik ve ofislerde ölçülen 5,4–5,7 µg/$m^3$ aralığındaki değerler ise daha kapalı hacim yapısı ve daha sınırlı hava değişim oranları nedeniyle daha düşük ve homojen $NO_2$ seviyeleri ile uyumludur.

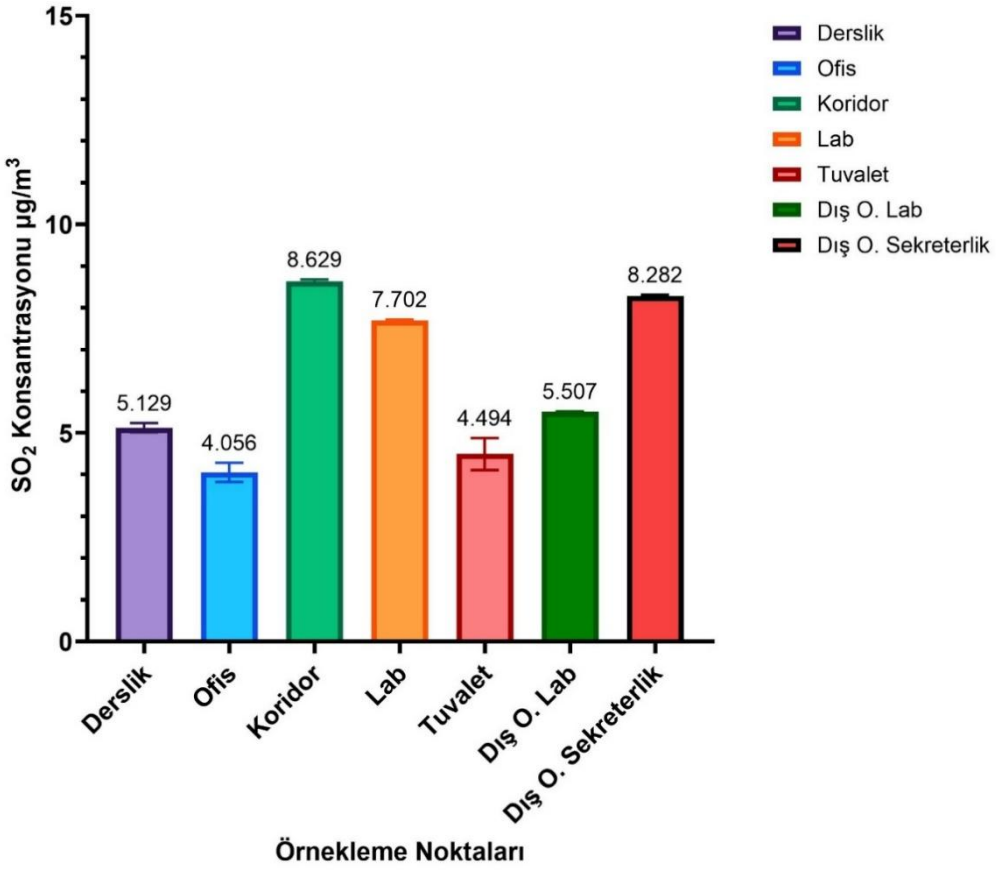
Genel olarak değerlendirildiğinde, kampüs içi ve dışı $NO_2$ konsantrasyonlarının literatürde ayrı ayrı raporlanan konsantrasyon aralıklarıyla tutarlı olduğu, dış ortam değerlerinin Bhat vd. (2022) ve Ramírez vd. (2023) bulguları ile, iç ortam değerlerinin ise Settimo vd. (2020), Sabry Elattar vd. (2025) ve Zhang vd. (2024) çalışmalarında bildirilen aralıklarla uyum gösterdiği görülmektedir. Ayrıca, İç/Dış oranı (İ/D) yaklaşık ortalamasının 0,3 olması, literatürde 0,1–0,8 aralığında raporlanan dış kaynak baskın iç ortam senaryoları ile uyumlu olup, $NO_2$'nin kampüs ortamında temel belirleyicisinin dış atmosferik koşullar ve lokal emisyon kaynakları olduğunu ortaya koymaktadır.

### 3.3. $SO_2$ Konsantrasyon Değerleri

Farklı iç ortam noktaları ile dış ortamda elde edilen kükürt dioksit ($SO_2$) konsantrasyon değerlerine göre; derslikte 5,129 µg/$m^3$, ofiste 4,056 µg/$m^3$, koridorda 8,629 µg/$m^3$, laboratuvarda 7,702 µg/$m^3$, tuvalette 4,494 µg/$m^3$ ve dış ortamda ortalama 6,894±1,962 µg/$m^3$ $SO_2$ konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler, iç ortamlarda ölçülen $SO_2$ seviyelerinin noktalar arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle koridor ve laboratuvar gibi alanlarda daha yüksek konsantrasyonlar gözlenirken, dış ortamda ölçülen değerlerin iç ortamlarla benzer seviyelerde olduğu görülmektedir (Görsel 3.3). Bu durum, iç ortamların kullanım özellikleri ve havalandırma koşullarının $SO_2$ dağılımı üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 3.3. Tüm Noktalarda Ölçülen $SO_2$ Konsantrasyonları**

Çalışmada elde edilen kükürt dioksit ($SO_2$) konsantrasyonları, literatürde üniversite kampüsleri ve okul ortamlarında bildirilen iç ve dış ortam hava kalitesi bulguları ile karşılaştırıldığında genel olarak uyumlu olmakla birlikte, noktasal dağılım açısından farklılıklar göstermektedir. Dış ortamda ölçülen ortalama 6,894±1,962 µg/m$^3$ değeri, Mundackal ve Ngole-Jeme (2022) tarafından üniversite kampüs çevrelerinde raporlanan 5–20 µg/m$^3$ $SO_2$ aralığı ile uyumlu olup, Bhat vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kampüs dış ortamında bildirilen 3–15 µg/m$^3$ düşük arka plan konsantrasyonları ile de benzerlik göstermektedir. Ramírez vd. (2023), üniversite kampüslerinde $SO_2$ seviyelerinin genel olarak düşük ve stabil karakterde olduğunu, çoğu çalışmada 10 µg/m$^3$'ün altında seyrettiğini ve değişimin daha çok bölgesel taşınım ve endüstriyel kaynaklara bağlı olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada elde edilen dış ortam değerleri, kampüs alanında belirgin bir endüstriyel $SO_2$ yükü bulunmadığını ve düşük-orta düzey arka plan atmosferik konsantrasyonların baskın olduğunu göstermektedir.

İç ortam $SO_2$ konsantrasyonları derslikte 5,129 µg/m$^3$, ofiste 4,056 µg/m$^3$, koridorda 8,629 µg/m$^3$, laboratuvarda 7,702 µg/m$^3$ ve tuvalette 4,494 µg/m$^3$ olarak belirlenmiştir. Babayiğit vd. (2014), okul ortamlarında $SO_2$ konsantrasyonlarının genellikle düşük seviyelerde seyrettiğini ve iç ortam değerlerinin büyük ölçüde dış ortam kaynaklı taşınıma bağlı olarak şekillendiğini rapor etmektedir. Benzer şekilde, Sabry Elattar vd. (2025), üniversite iç ortamlarında $SO_2$'nin temel belirleyicisinin dış ortam infiltrasyonu olduğunu ve

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

konsantrasyonların çoğunlukla birkaç µg/m$^3$ ile 10 µg/m$^3$ aralığında değiştiğini ifade etmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada belirlenen iç ortam değerleri genel olarak literatürde bildirilen değerlerle uyum göstermekte; koridor ve laboratuvar gibi alanlarda ölçülen daha yüksek konsantrasyonlar ise diğer iç ortam noktalarına kıyasla daha yüksek seviyelerde bulunmaktadır.

İç ortamlar arasındaki farklılıklar incelendiğinde, koridorda ölçülen en yüksek değer (8,629 µg/m$^3$) dış ortamla daha yoğun hava değişimi ve insan hareketliliğine bağlı olarak atmosferik $SO_2$'nin iç ortama taşınmasıyla açıklanabilir. Laboratuvar ortamındaki 7,702 µg/m$^3$ değeri ise havalandırma sistemlerinin çalışma karakteristiği ve dış hava girişinin artmasıyla ilişkilendirilebilir. Buna karşılık ofis (4,056 µg/m$^3$) ve tuvalet (4,494 µg/m$^3$) gibi daha kapalı veya kontrollü havalandırmaya sahip alanlarda daha düşük konsantrasyonların gözlenmesi, Babayiğit vd. (2014) tarafından vurgulanan kapalı hacim etkisi ile uyumludur. Derslikte ölçülen 5,129 µg/m$^3$ değeri ise görece orta düzey bir iç ortam $SO_2$ konsantrasyonunu temsil etmektedir.

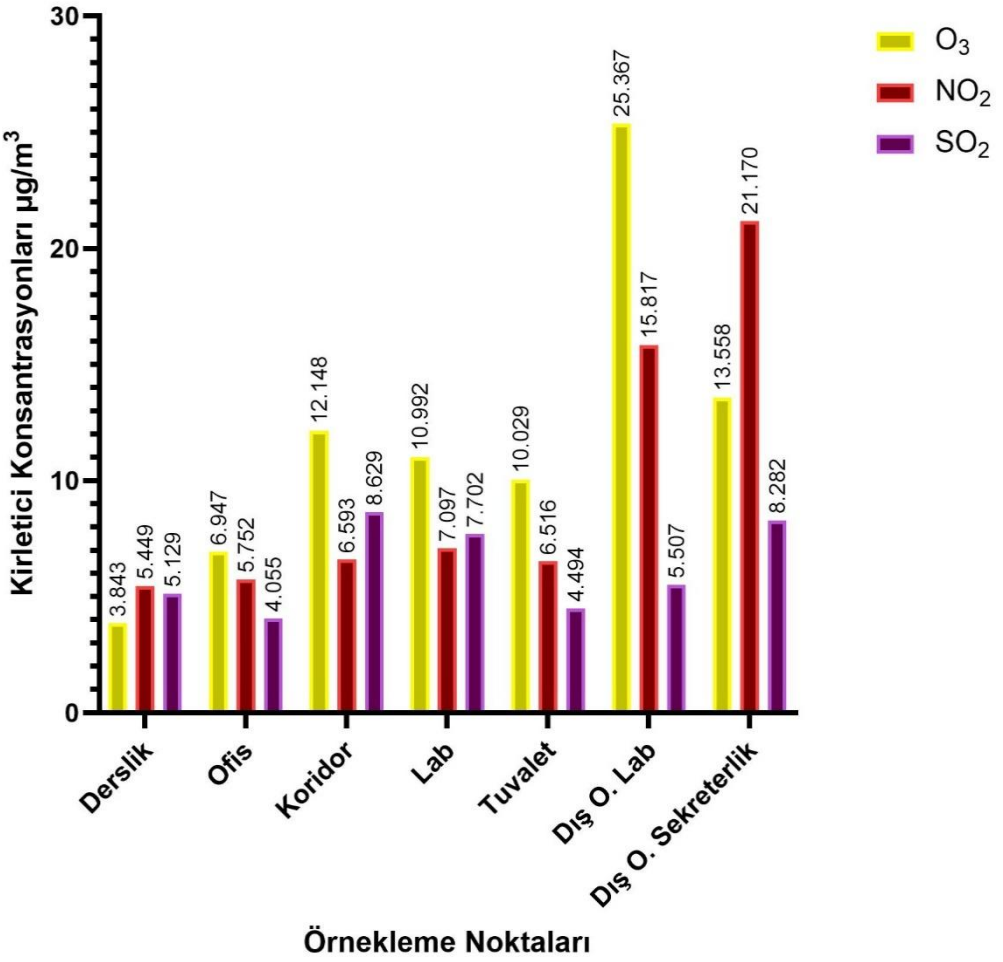
Genel olarak değerlendirildiğinde, $SO_2$ konsantrasyonlarının kampüs ortamında düşük seviyelerde seyrettiği, iç ve dış ortam arasında belirgin ancak sınırlı bir farklılık bulunduğu görülmektedir. Elde edilen dağılım, literatürde bildirilen dış kaynak baskınlığı ve zayıf iç kaynak etkisi ile uyumlu olup, $SO_2$'nin kampüs içi hava kalitesinde temel belirleyicisinin dış atmosferik taşınım ve havalandırma özellikleri olduğunu ortaya koymaktadır.

### 3.4. Tüm Noktalarda Elde Edilen Kirletici Konsantrasyonları

Gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları sonucunda, iç ve dış ortamlardaki kirletici konsantrasyonları karşılaştırıldığında $O_3$, $NO_2$ ve $SO_2$ değerlerinin örnekleme noktalarına göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir (Görsel 3.4). Derslikte $O_3$ en düşük seviyede (3,84 µg/m$^3$) bulunurken, $NO_2$ (5,45 µg/m$^3$) ve $SO_2$ (5,13 µg/m$^3$) birbirine yakın değerler sergilemiştir. Ofis ortamında $O_3$ (6,95 µg/m$^3$) artış gösterirken, $NO_2$ (5,75 µg/m$^3$) ve $SO_2$ (4,06 µg/m$^3$) orta düzeylerde kalmıştır. Koridor konsantrasyon değerlerine bakıldığında, $O_3$ (12,15 µg/m$^3$) ve $SO_2$ (8,63 µg/m$^3$) en yüksek seviyelere ulaşmış, $NO_2$ (6,59 µg/m$^3$) de diğer iç ortamlara göre daha yüksek bulunmuştur. Laboratuvarda, $O_3$ (10,99 µg/m$^3$), $NO_2$ (7,10 µg/m$^3$) ve $SO_2$ (7,70 µg/m$^3$) değerleri dikkat çekici şekilde yüksek olup, bu durum cihaz kullanımı ve kimyasal işlemlerle ilişkilendirilebilir. Tuvalet ortamında, $O_3$ (10,03 µg/m$^3$) yüksek, $NO_2$ (6,52 µg/m$^3$) orta seviyede ve $SO_2$ (4,49 µg/m$^3$) düşük bulunmuştur. Dış ortam örnekleme sonuçlarında ise ortalama $O_3$ (19,46±8,350 µg/m$^3$) ve $NO_2$ (18,49±3,785 µg/m$^3$) konsantrasyonları en yüksek seviyeleri göstermiş, $SO_2$ konsantrasyonu (6,89±1,962 µg/m$^3$) ise orta düzeyde kalmıştır (Görsel 3.4).

Genel değerlendirmede, iç ortamlarda ozon konsantrasyonu düşükten yükseğe doğru değişim göstermekte ve özellikle koridor ve laboratuvar gibi ortamlarda belirgin artış gözlenmektedir. $NO_2$ ve $SO_2$ değerleri iç ortamlarda genel olarak orta düzeyde seyretmekte, dış ortamlarda ise özellikle $NO_2$ konsantrasyonu iç ortamlara nazaran oldukça yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, iç ortam hava kalitesinin dış ortam koşullarından doğrudan etkilendiğini ve ozon ile azot dioksit kaynaklarının dış ortamda daha baskın olduğunu ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 3.4. Tüm Kirleticilere Ait Konsantrasyon Değerleri**

## 3.5. İç/Dış Oranları (İ/D)

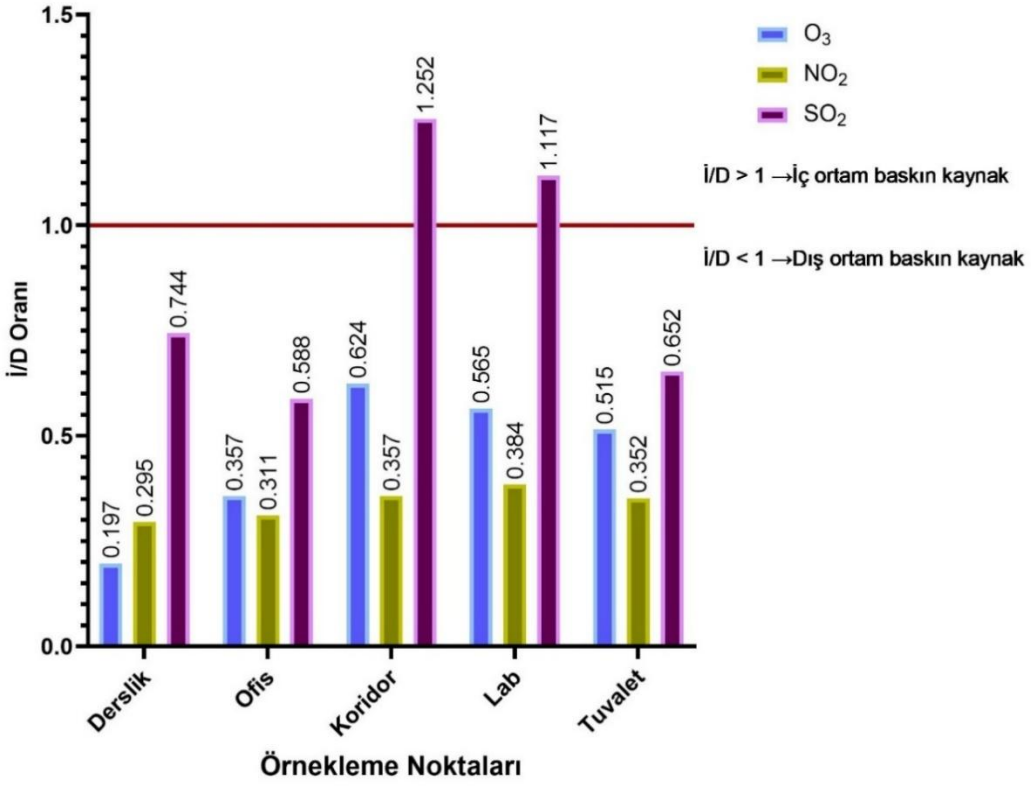
Görsel 3.5'te yer alan İ/D oranları, iç ve dış ortam konsantrasyonları açısından incelendiğinde, kirleticilerin kaynak baskınlığına ilişkin önemli sonuçlar göstermektedir. Ozon ($O_3$) ve azot dioksit ($NO_2$) için tüm noktalarda İ/D oranlarının 1'in altında kalması, bu kirleticilerin iç ortamlarda dış ortama göre daha düşük konsantrasyonlarda bulunduğunu ve temel kaynağın dış ortam olduğunu göstermektedir. Nitekim, tüm iç ortamlar için $O_3$ ve $NO_2$ açısından hesaplanan İ/D oranlarının 1'in altında olduğu belirlenmiştir. İ/D oranları derslikte $O_3$ için 0,197 ve $NO_2$ için 0,295; ofiste $O_3$ için 0,357 ve $NO_2$ için 0,311; koridorda $O_3$ için 0,624 ve $NO_2$ için 0,357; laboratuvarda $O_3$ için 0,565 ve $NO_2$ için 0,384; tuvalette ise $O_3$ için 0,515 ve $NO_2$ için 0,352 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, ozon ve $NO_2$'nin iç ortamlara büyük ölçüde dış ortamdan taşınım yoluyla girdiğini ve iç kaynak katkısının sınırlı olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık kükürt dioksit ($SO_2$) için bazı noktalarda İ/D oranlarının 1'in üzerinde olduğu görülmektedir. Özellikle koridorda (1,252) ve laboratuvarda (1,117) hesaplanan

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

değerlerin >1 olarak elde edilmesi, iç ortamlarda ek kaynakların (örneğin temizlik ürünleri kullanımı, yakıt tüketimi ya da havalandırma sistemleri) etkili olabileceğine işaret etmektedir. Derslik (0,744), ofis (0,588) ve tuvalet (0,652) ortamlarında ise $SO_2$ oranları 1'in altında kalmakla birlikte görece yüksek seviyelerde bulunmuş; bu durum dış ortam etkisinin sürdüğünü, ancak iç kaynak katkısının da tamamen göz ardı edilemeyeceğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, İ/D oranının 1'in altında olması dış ortam kaynaklarının baskınlığını, 1'in üzerinde olması ise iç ortam kaynaklarının daha belirleyici olduğunu ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlar, $O_3$ ve $NO_2$'nin çoğunlukla dış ortamdan taşınarak iç ortamlarda gözlendiğini; $SO_2$'nin ise bazı noktalarda iç kaynakların etkisiyle daha yüksek değerlere ulaşarak iç ortam hava kalitesini daha fazla etkileyebildiğini ortaya koymaktadır.




**Görsel 3.5. Tüm Kirleticilere Ait İç/Dış Oranları (İ/D)**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME

Çalışma sonuçları, ozon ($O_3$) konsantrasyonlarının iç ve dış ortamlar arasında belirgin farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Dış ortamda ölçülen daha yüksek değerler, ozonun fotokimyasal süreçlerle dış atmosferde oluştuğunu ve iç ortamlara taşınım yoluyla ulaştığını göstermektedir. İç ortamlardaki farklılıklar ise mekânların kullanım özellikleri ve havalandırma koşulları ile ilişkilidir. Derslik ve ofislerde düşük seviyeler, sınırlı hava değişimi ile

açıklanırken; koridor, laboratuvar ve tuvalette daha yüksek değerler, dış ortamla artan hava alışverişi ve havalandırma sistemlerinin etkisini yansıtmaktadır. Genel olarak iç ortam ozon düzeylerinin düşük olması hem dış kaynak baskınlığı hem de ozonun kapalı ortamlarda hızlı tüketimi ile ilişkilidir.

$NO_2$ konsantrasyonlarının dış ortamlarda en yüksek olduğu belirlenmiş olup, bu durum kampüs içi trafik kaynaklı emisyonlarla açıklanmaktadır. İç ortamlarda 5–7 $\mu g/m^3$ aralığında ve birbirine yakın değerler ölçülmesi, $NO_2$'nin büyük ölçüde dış ortamdan taşındığını göstermektedir. Laboratuvarda nispeten yüksek değerler, cihaz kullanımı ve havalandırma ile; koridor ve tuvaletteki seviyeler ise hava akımlarıyla ilişkilidir. Derslik ve ofislerde daha düşük değerler sınırlı havalandırma ile uyumludur. Genel olarak $NO_2$ düzeylerinin trafik başta olmak üzere dış kaynaklardan etkilendiği anlaşılmaktadır.

$SO_2$ açısından, dış ortam emisyonlarının (havaalanı, ısınma ve enerji üretimi) temel kaynak olduğu, iç ortamlardaki farklılıkların ise havalandırma ve dış ortamla hava alışverişine bağlı olduğu belirlenmiştir. Koridor ve laboratuvarda daha yüksek değerler dış hava taşınımı ve olası yanma süreçleri ile ilişkilendirilirken, derslik, ofis ve tuvalette daha düşük konsantrasyonlar ölçülmüştür. Genel olarak $SO_2$'nin iç ortamlarda da büyük ölçüde dış kaynaklı olduğu, ancak kullanım koşullarına bağlı değişkenlik gösterebildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen bulgular, iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi için havalandırma stratejilerinin optimize edilmesi, etkin filtreleme sistemlerinin kullanılması ve özellikle dış ortamda trafik ile yanma kaynaklı emisyonların kontrol altına alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKÇA

Babayiğit, M. A., Bakır, B., Tekbaş, Ö. F., Oğur, R., Kılıç, A. ve Ulus, S. (2014). Indoor air quality in primary schools in Keçiören, Ankara. Turkish Journal of Medical Sciences, 44, 137–144. https://doi.org/10.3906/sag-1212-22

Bhat, M. A., Eraslan, F. N., Awad, A. S., Malkoç, S., Özden Üzmez, Ö. Ö., Döğeroğlu, T., & Gaga, E. O. (2022). Investigation of indoor and outdoor air quality in a university campus during COVID-19 lockdown period. Building and Environment, 219, 109176. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109176

Branco, P. T. B. S., Sousa, S. I. V., Dudzińska, M. R., Ruzgar, D. G., Mutlu, M., Panaras, G., Papadopoulos, G., Saffell, J., Scutaru, A. M., Struck, C., & Weersink, A. (2024). A review of relevant parameters for assessing indoor air quality in educational facilities. Environmental Research, 261, 119713. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119713

Mundackal, A., & Ngole-Jeme, V. M. (2022). Evaluation of indoor and outdoor air quality in university academic buildings and associated health risk. International Journal of

Environmental Health Research, 32(5), 1076–1094. https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1828304

Ramírez, O., Hernández-Cuellar, B., & de la Rosa, J. D. (2023). Air quality monitoring on university campuses as a crucial component to move toward sustainable campuses: An overview. Urban Climate, 52, 101694. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101694

Sabry Elattar, S. M., Abdullah, I. D., & Abbas Saleh Gebriel, A. (2025). Evaluation of the impact of air pollutants on university indoor air quality: A case study. Frontiers in Built Environment, 11, 1552679. https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1552679

Settimo, G., Indinnimeo, L., Inglessis, M., De Felice, M., Morlino, R., di Coste, A., Fratianni, A., & Avino, P. (2020). Indoor air quality levels in schools: Role of student activities and no activities. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(18), 6695. https://doi.org/10.3390/ijerph17186695

Wallace, L. A. (1996). Indoor particles: A review. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 6(3), 291–306.

World Bank. (1992). World development report 1992: Development and the environment. Oxford University Press.

Zhang, H., Srinivasan, R., Yang, X., Ganesan, V., Chen, H., & Zhang, H. (2024). An attention temporal convolutional network-based hybrid approach to simulating indoor air pollutants and their determinants in classroom and office spaces. Journal of Building Engineering, 93, 109873. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109873

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ASSISTED PREDICTION OF APPARENT PH STABILITY IN VITAMIN C AND AMOXICILLIN/CLAVULANATE-LOADED LECITHIN–HYDROGEL COMPOSITE FORMULATIONS

**Yakup Ermurat**[1]

[1]Department of Basic Sciences, Engineering Architecture and Design Faculty, Kahramanmaraş İstiklal University, Kahramanmaraş, Turkiye

[1]Engineering Faculty, Bolu Abant Izzet Baysal University, Bolu, Turkiye

*Corresponding Author.

E-mail: yakupermurat@ibu.edu.tr (Y. Ermurat)

## Abstract

Lecithin-based hydrogel composite formulations provide a potential platform for the incorporation and stabilization of bioactive compounds; however, formulation composition and environmental conditions may influence their physicochemical behavior. This study investigated the apparent pH stability of sunflower, soy, and egg-yolk lecithin–hydrogel composite formulations containing vitamin C and amoxicillin/clavulanate potassium (Amoclavin) under controlled temperature conditions. Lecithin dispersions were hydrated, subjected to controlled sonication, and subsequently incorporated with hydrogel components. The experimental design considered lecithin source and environmental temperature as major variables, with pH measurements used as the principal response. Changes in pH relative to the initial measurement and absolute pH deviation were considered potential indicators of apparent pH stability where baseline and time-resolved measurements were available. The experimental dataset was organized according to formulation and environmental conditions and subjected to descriptive statistical analysis to characterize pH behavior and variability. An artificial intelligence-assisted predictive framework was subsequently developed to investigate relationships between formulation and environmental variables and the observed pH response. Machine-learning approaches, including Random Forest, Gradient Boosting, Gaussian Process Regression, and Artificial Neural Network models, were considered for predictive modeling. Model performance was evaluated using appropriate predictive metrics, including the coefficient of determination ($R^2$), root mean square error (RMSE), and mean absolute error (MAE), together with cross-validation where applicable. Explainable artificial intelligence approaches were additionally considered to facilitate interpretation of the contribution of formulation and environmental variables to predicted pH behavior. The integrated experimental and computational framework enabled comparative evaluation of pH behavior among sunflower, soy, and egg-yolk lecithin formulations across the investigated temperature conditions. The AI-assisted approach provided a means of identifying formulation-specific patterns and estimating apparent pH responses within the experimentally represented design

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

space. The findings demonstrate the potential value of combining experimental formulation studies with machine-learning methods for characterization and prediction of apparent physicochemical behavior in lecithin–hydrogel systems. The pH behavior was interpreted as an indicator of apparent formulation stability and should not be considered, by itself, evidence of the chemical stability, degradation kinetics, potency, or microbiological stability of vitamin C or amoxicillin/clavulanate potassium.

**Keywords:** Lecithin; hydrogel composite; vitamin C; amoxicillin/clavulanate; apparent pH stability; pH deviation; machine learning; artificial intelligence; Random Forest; Gradient Boosting; Gaussian Process Regression; Artificial Neural Network; explainable artificial intelligence.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EVALUATION OF THE EFFECT OF BLAST-INDUCED VIBRATIONS ON OPEN PIT SLOPE STABILITY BY NUMERICAL MODELING

Armagan KARDES[1]

armagan.hurkan@gmail.com

Mete DOGAN[1]

meted.eng@gmail.com

Meriç Can OZYURT[1]

meric.ozyurt@iuc.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-7545-7756

Zeynep SERTABIPOGLU KAYCİ[1]

zeysert@iuc.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-1149-972X

Istanbul University-Cerrahpasa, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering[1]

## ABSTRACT

In open pit mining, blasting is a critical operation that directly affects not only production efficiency but also the long-term safety of pit slopes. Uncontrolled blasting can cause permanent damage to slope surfaces, formation of back-break cracks, and slope failures. In this study, the effect of two consecutive production blasts on slope stability in a quarry in Istanbul was numerically modeled using Phase2 8.0 finite element software. The dynamic effects of blasting were incorporated into the analysis through a pseudo-static approach using peak particle velocity (PPV) and frequency data based on field measurements, while blast-induced back-break zones were represented by the Disturbance Factor (D) in the Hoek-Brown criterion. Comparative evaluations conducted in three separate zones with different burden thicknesses revealed that burden thickness is a determining parameter for slope safety. Additionally, it was determined that excavation and cleaning activities performed between blasts provided an improving effect on slope stability. The findings indicate that when designing blasts in quarries, production parameters and geotechnical conditions must be evaluated together, and this harmony is essential for both safe and sustainable production.

**Keywords:** Blasting, Slope Stability, Back Break, Numerical Modeling, Safety Factor

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## INTRODUCTION

Blasting is a fundamental mining method that breaks and fragments rock masses through the controlled detonation of explosives placed in drilled holes. The high pressure and shock waves generated during detonation cause sudden stress increases in the rock, leading first to micro-cracks and then to macro-crack development. This energy makes blasting indispensable, especially in hard and massive rocks. However, the importance of blasting is not limited solely to rock fragmentation, as the success of the design directly affects the entire production chain, including loading, transportation, and crushing-screening processes. A good design achieves the desired particle size while reducing costs. Nevertheless, only 20-30% of the explosive energy can be utilized for fragmentation; the remainder is released as environmental effects (Ak and Konuk, 2008). Among these effects, back-break stands out prominently (Jimeno et al., 1995; Monjezi and Dehghani, 2008).

This back-break problem, in particular, poses a critical threat to slope stability. In open pit and quarry operations, slope stability is a fundamental engineering problem for both production continuity and personnel safety. Although slopes are generally designed under static conditions, short-term dynamic loadings during blasting can temporarily reduce the safety factor of slopes. This effect is especially pronounced in rock masses containing joints, fractures, and weak discontinuities, where instability mechanisms such as block falls, toppling, or sliding on slopes can be triggered. This situation not only increases safety risks but also leads to production stoppages and additional reinforcement costs. Therefore, detailed investigation of the blasting-slope interaction from an engineering perspective is of great importance.

To better understand this interaction, it is necessary to first examine the basic mechanism of rock fragmentation by blasting. The detonation of explosives generates very high-pressure shock waves, on the order of several GPa, around the borehole (Sun, 2013). The shock waves generated by the detonation create a crushed zone around the borehole, and the radially propagating stress waves reflect from free surfaces to become tensile waves. Due to the low tensile strength of rocks, these waves can cause crack development beyond the intended excavation area (Ak and Konuk, 2008; Silva et al., 2019). Under normal conditions, blasting design is performed to maximize the effect of these tensile waves within the intended excavation area. However, improper design, excessive charge, insufficient stemming, incorrect delay times, or weakness planes within the rock can cause waves to extend beyond the excavation limits, leading to back-break formation (Konya and Walter, 1990; Monjezi and Dehghani, 2008).

Considering all these mechanisms, the basic objectives expected from a successful blast are the controlled fracturing of the rock mass, achievement of the desired fragmentation degree, and keeping environmental effects within acceptable limits. To achieve these objectives, geometric parameters such as hole diameter, sub-drilling, stemming length, spacing, and burden thickness must be determined in accordance with the strength properties and discontinuity structure of the rock mass. Otherwise, uncontrolled vibrations will create serious risks not only for surrounding structures but also for pit slopes. Burden thickness is one of the fundamental parameters defining the distance between the blast hole and the free surface, directly affecting

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

the distribution of explosive energy within the rock and consequently back-break development. Indeed, errors in burden thickness cause vibrations that pave the way for instability on slopes.

In pit slopes directly threatened by these blast-induced vibrations, stability is the ability of a rock or soil mass to maintain equilibrium under its own weight and external forces acting upon it. In open pits, slopes are formed by the successive arrangement of benches as excavation progresses, and blasting operations are an integral part of this process. Blast-induced damage mechanisms manifest as increases in discontinuity apertures, loss of strength and stiffness, and development of back-break zones, accelerating the formation of potential slip surfaces. The effects of uncontrolled blasting on slopes can be observed as block falls, toppling, and circular/planar slides. Therefore, controlled blasting techniques such as pre-splitting and buffer rows are commonly applied to limit back-break development. To numerically evaluate the effect of blast vibrations on slope behavior, it is essential to calculate and compare the safety factor (SRF) for both static and post-blast conditions.

In addition to traditional methods for these calculations, machine learning models such as artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems have become widespread in recent years for predicting back-break damage and blasting optimization. However, these advanced statistical models cannot directly simulate the intrinsic stress-strain behavior and shear failure of rock masses. To address this methodological deficiency, the present study examined the effect of two consecutive blasts on slope stability using finite element software (Phase 2), with field measurements from Ozyurt (2026) (design parameters, vibration data, and back-break distances) as inputs. The original contribution lies in modeling blast-induced vibrations in static software through a pseudo-static nodal displacement approach and supporting this approach with field measurements.

## MATERIAL AND METHOD

This section details the methodological steps followed to achieve the study objectives and the numerical modeling approach employed. The general methodology adopted in the study consists of literature review, field data collection, numerical model development, blast effect modeling, and scenario analyses.

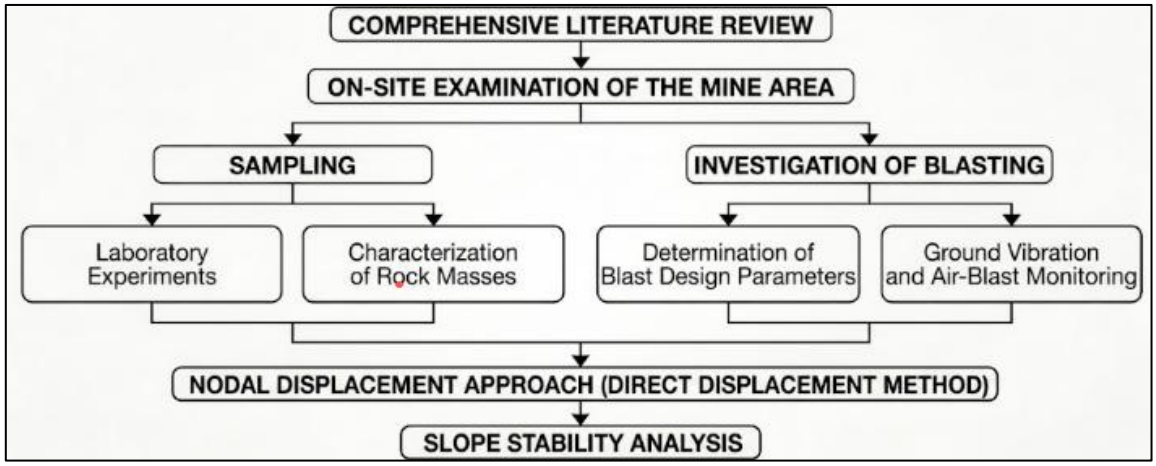



**Figure 1.** Method Flow Chart Applied in the Research

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## Study Area

A quarry in Istanbul, selected as a reference site for numerical modeling due to active mining, suitable geotechnical conditions, and proximity to residential areas (35 km from the city center), is summarized as follows:

The geology comprises Upper Cretaceous altered andesitic volcanics, unconformably overlain by gently north-dipping Tertiary sediments (Oligocene marl-clay-coal at the base, and loose, uncemented Miocene-Pliocene clay-sand-gravel at the top). The poorly cemented upper unit is prone to landslides, and open-pit mining may trigger local subsidence and slope failures, though tectonic activity is minor. Hydrogeologically, the permeable upper layers drain groundwater at their contact with the underlying impermeable Oligocene marl-clay, creating a flow zone (Kutman Ticaret LTD., 1992, 1993).

## Laboratory Tests

Uniaxial compressive strength (UCS) tests were conducted on rock samples taken from the study area by Ozyurt (2026), and the mechanical parameters of the rocks were determined. The results obtained are presented in Table 1.

**Table 1. Uniaxial Compressive Strength Test Results (Ozyurt, 2026)**

| Sample No | Unit Weight (g/cm³) | UCS (kgf/cm²) | UCS (MPa) |
|---|---|---|---|
| NM-1 | 2.413 | 285.22 | 27.97 |
| NM-2 | 2.435 | 319.53 | 31.34 |

NM-1 and NM-2 samples showed similar strength values, with uniaxial compressive strength in the range of approximately 28-31 MPa, and were determined to be in the medium-strength rock class.

## Numerical Model Development

The numerical model geometry was created in Phase2 8.0 using actual bench height, slope angle, and bench geometry values measured during field studies by Ozyurt (2026). In the model, the rock unit weight was 0.024 MN/m³, Poisson's ratio 0.4, failure behavior plastic, intact uniaxial compressive strength 28 MPa, material constant (MR) 275, Geological Strength Index (GSI) 50, intact rock constant ($m_i$) 17, and the disturbance factor (D) was defined with decreasing values away from the blasted area. Blast design parameters (hole diameter, burden thickness, spacing, stemming length, charge amount, and delay pattern) were meticulously measured and recorded in the field by Ozyurt (2026), and these data formed the input parameters of the numerical model.

Model boundaries were defined at sufficient distances that would not affect slope behavior; the lower boundary was fixed and lateral boundaries were constrained horizontally.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Material properties of the rock mass were defined in the model considering the results obtained from laboratory tests and values recommended in the literature; rock mass behavior was modeled using the Generalized Hoek-Brown failure criterion (Hoek and Brown, 1997). Major discontinuities and back-breaks identified during field mapping were defined as joint elements in the numerical model; when creating the mesh structure, a denser mesh was used in the slope surface and bench regions where high stress concentration was expected.

## Blast Design Parameters

The technical design parameters meticulously measured and recorded in the field using tape measures and millisecond-precision delay detonators by Ozyurt (2026) constituted the primary inputs for the numerical modeling analyses in this study. In Blast I, burden thickness varied between 2.0-4.8 m depending on the zone, while the inter-row delay time was 42 ms. In Blast II, burden thickness was reduced to a range of 2.1-2.7 m and the inter-row delay time was increased to 142 ms. In both blasts, hole diameter was 89 mm, bench height was 9-10 m, hole inclination was 70-80°, and stemming length was 3 m in Blast I and 3.5 m in Blast II. Specific charge values varied between 0.28-0.34 kg/m³ in Blast I and 0.31-0.35 kg/m³ in Blast II.

The plan view of the technical designs applied in the blasting operations carried out within the scope of the study is presented in Figure 2.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

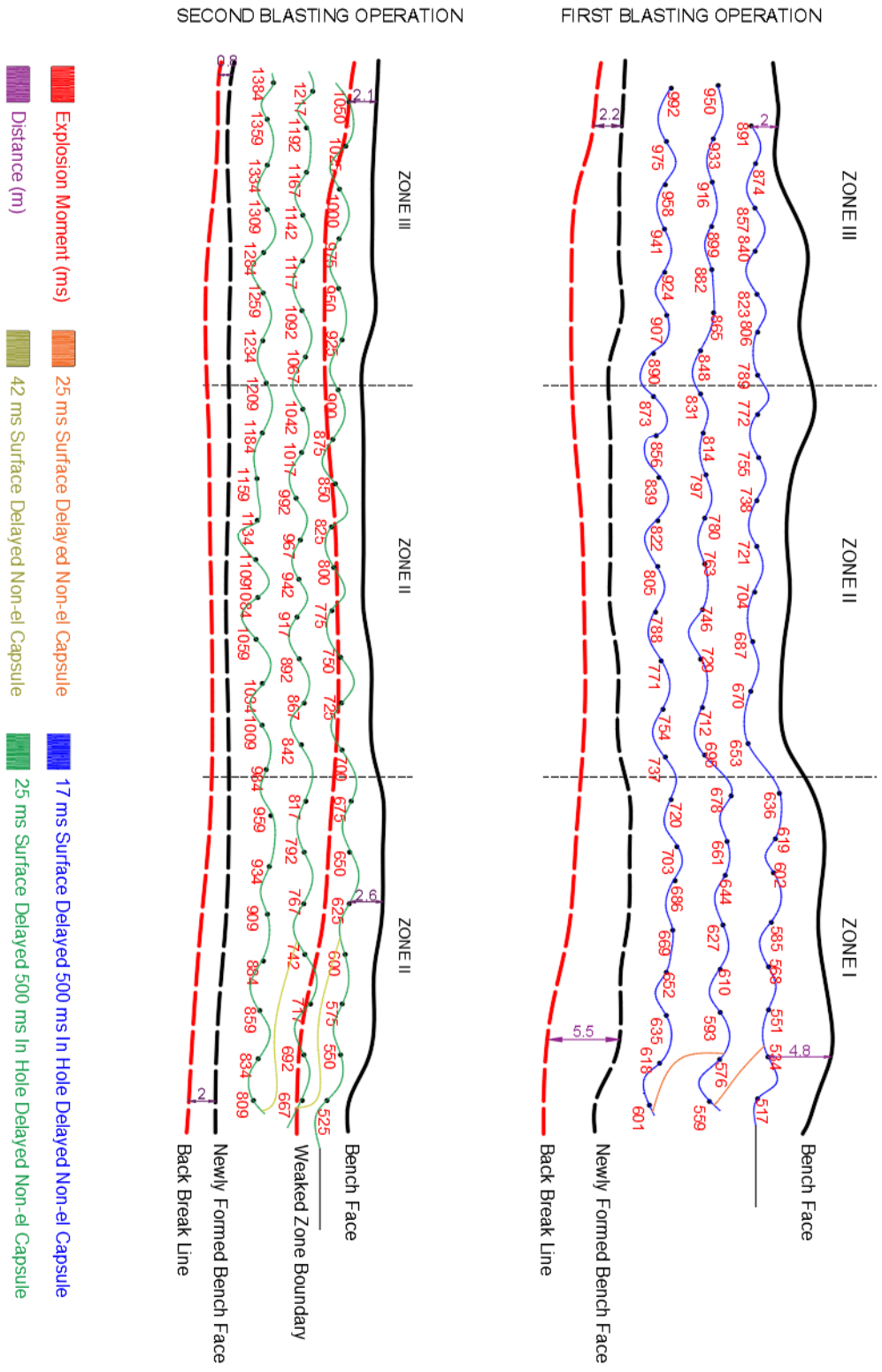



**Figure 2.** Plan view of the technical designs applied in the investigated blasting operations (Ozyurt, 2026)

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### Peak Particle Velocity (PPV) Measurement Data

Peak particle velocity (PPV) and vibration frequency measurements were performed by Ozyurt (2026) in the field at 50 m and 100 m behind the blast face during the first and second blasts. The obtained values are presented in Table 2.

**Table 2. PPV Measurement Data (Ozyurt, 2026)**

| Measurement Point | Distance (m) | PPV (mm/s) | Frequency (Hz) |
|---|---|---|---|
| P1-1 | 50 | 78.49 | 11.91 |
| P1-2 | 100 | 36.45 | 32 |
| P2-1 | 50 | 3.143 | 28.44 |
| P2-2 | 100 | 1.889 | 28.44 |

These measurements were used as input data for transferring the seismic effect into the static code in numerical modeling studies.

## FINDINGS

### Numerical Modeling Approach

In slope stability analyses, the two-dimensional plane strain approach, finite element method, and elastoplastic material model were used; the Generalized Hoek-Brown failure criterion was preferred for defining the strength properties of the rock mass. Modeling studies consisted of three main stages: creation of slope geometry, modeling of blast-induced back-break zones, and integration of vibration effects into the model.

The back-break distances measured topographically in the field were determined to vary between 0.8-5.5 m, and these depths were incorporated into the Phase2 8.0 model geometry as "Disturbed Zones." To represent the effect of blast damage on the rock mass, the Disturbance Factor (D) in the Generalized Hoek-Brown criterion was used; this value was selected as maximum (0.8-1.0) in the layers closest to the bench surface and gradually reduced to 0 towards the back of the slope. Dynamic strength reduction was not directly measured; instead, reduction ratios in the range of 20-50%, widely accepted in the literature, were used; this should be considered an important limitation of the study.

To transfer the seismic effect into the static finite element code, it was first determined that the Pseudo-Static Seismic Loading approach could not be applied due to limitations in the dynamic loading capacity of Phase2 8.0. Since the software's seismic loading option is defined as a continuous and permanent body force in the form of a ratio of gravitational acceleration (Kx, Ky), it proved inadequate for representing short-duration blast vibrations on the order of milliseconds. Instead, the "Pseudo-Static Nodal Displacement" approach was adopted for

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

integration into the Shear Strength Reduction (SSR) analysis. The PPV and frequency values measured in the field by Ozyurt (2026) (Table 2) were converted to nodal displacement (u) using the following harmonic motion relationship (Sun, 2013):

$$u = PPV/(2\pi f)$$

where u is the nodal displacement (m), PPV is the peak particle velocity (m/s), and f is the vibration frequency (Hz). It was determined that the calculated displacement values (on the order of approximately 0.1 mm) were well below the physical deformation threshold that would trigger a mass failure in the rock mass. Therefore, it was evaluated that the safety factors (SRF) obtained after the SSR cycle remained largely dependent on the Disturbance Factor (D) boundaries rather than seismic displacement.

Additionally, inspired by the Shock Wave Transfer (SWT) theory developed by Sun (2013), a simplified representation of the distribution of explosive energy within the rock mass was targeted. Multiple "Disturbance Zones" were defined around the blast point and behind the bench surface in accordance with the Parallel Layered Model (PLM) logic; these zones were incorporated into the model to simulate micro-cracks, shear strength losses, and stiffness reductions created by detonation in the rock mass. In the defined weakening zone, the strength parameters of the rock mass, particularly cohesion and tensile strength, were reduced by 20-50% in line with values recommended in the literature.

**Regional Modeling Results**

To evaluate blast-induced slope behavior, the first blast (Blast I) was modeled on the original slope geometry that had not yet undergone any excavation, while the second blast (Blast II) was modeled on the current geometry excavated and cleared of disturbed material after Blast I. Three separate zones were defined for each blast, and the burden thickness, production panel depth, and back-break distance values for these zones were measured under field conditions by Ozyurt (2026) and defined directly as inputs to the numerical model without any design modifications.

When the three zones of Blast I were evaluated together, the determining effect of burden thickness on slope stability was clearly observed. Numerical analyses performed for Zone I (Figure 3) showed that in this section where burden thickness takes a high value of 4.8 m, the distance the blast energy must travel to reach the free surface increases, causing some of the shock waves to reflect back and form a wide disturbance zone (5.5 m). As a result of this mechanism, the critical SRF value in the mentioned zone decreased to 3.68, while the maximum total displacement remained limited to 0.1 mm.

When the modeling outputs for Zone II (Figure 4) were examined, it was determined that in this section where burden thickness was applied as 2.6 m on average, the blast energy was discharged more effectively towards the free surface and the back-break depth narrowed to 2 m. The SRF value obtained in this zone was calculated as 5.23, representing a significant improvement compared to Zone I. The maximum displacement amount was determined as 2

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

mm; however, when the critical slip surfaces were examined, no active sliding or toppling mechanism was observed.

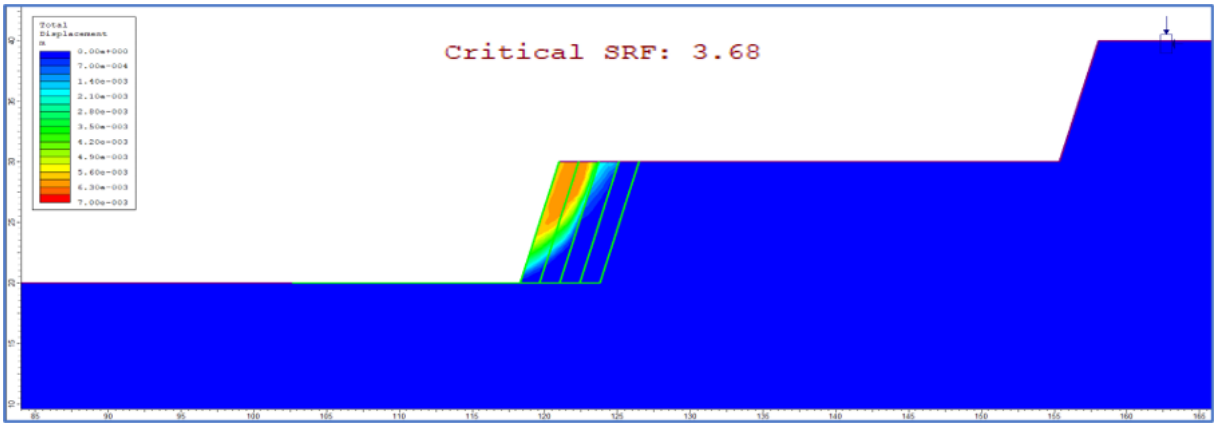



**Figure 3.** Blast I - Zone I Bench Close-up View

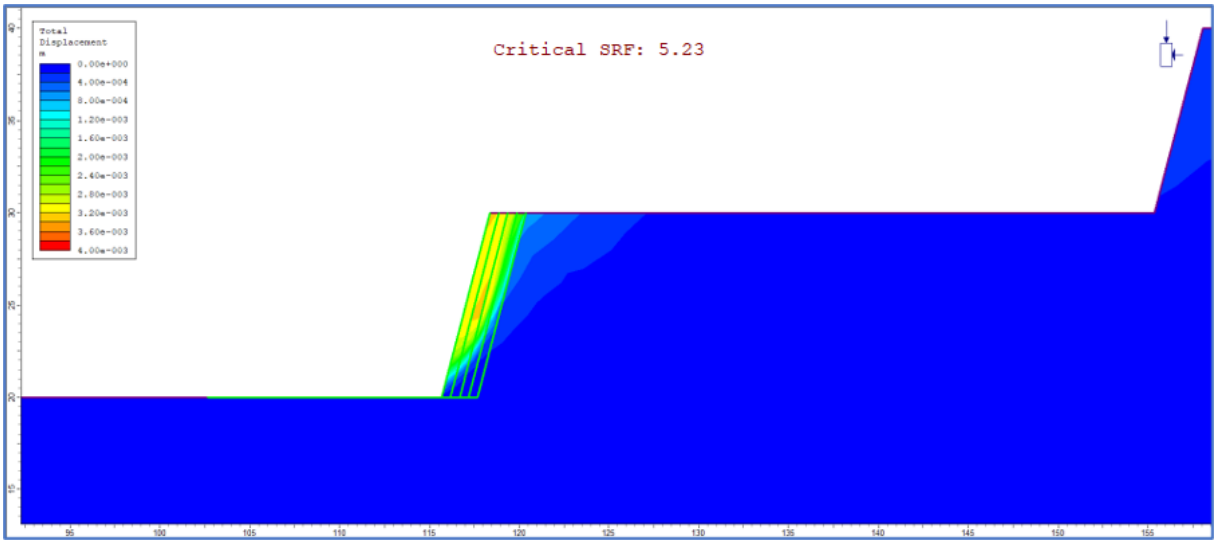



**Figure 6.** Blast I - Zone II Bench Close-up View

Analyses performed in Zone III (burden thickness 2.0 m) (Figure 5) revealed that the back-break distance was 2.2 m and the SRF value was 5.01. In this section, which exhibited similar stable behavior to Zone II, the maximum displacement was calculated as 1 mm. When the three zones within the scope of Blast I were evaluated together, it was understood that all zones exhibited stable behavior with high SRF values and negligible displacement amounts.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

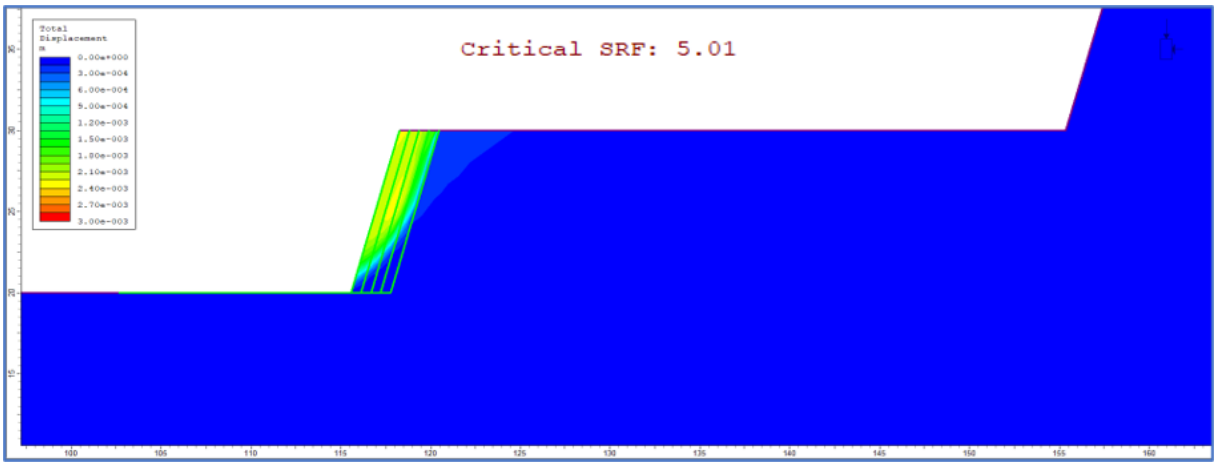



**Figure 5.** Blast I - Zone III Bench Close-up View

Blast II was modeled on the new slope geometry that formed after excavation and cleaning activities following the first blast at the locations where Blast I was performed. At this stage, a significant increase in SRF values was observed in all zones compared to Blast I. The findings obtained for Zone I (Figure 6) showed that in this section where burden thickness was defined as 2.6 m, the critical SRF increased to 5.13. Compared to the SRF value of 3.68 in the first blast (with 4.8 m burden) at the same location, an improvement of approximately 1.45 units was achieved. This finding proves that, in addition to reducing burden thickness to optimum levels, the removal of disturbed material from the site through the excavation process following the first blast significantly limited structural deterioration behind the slope.

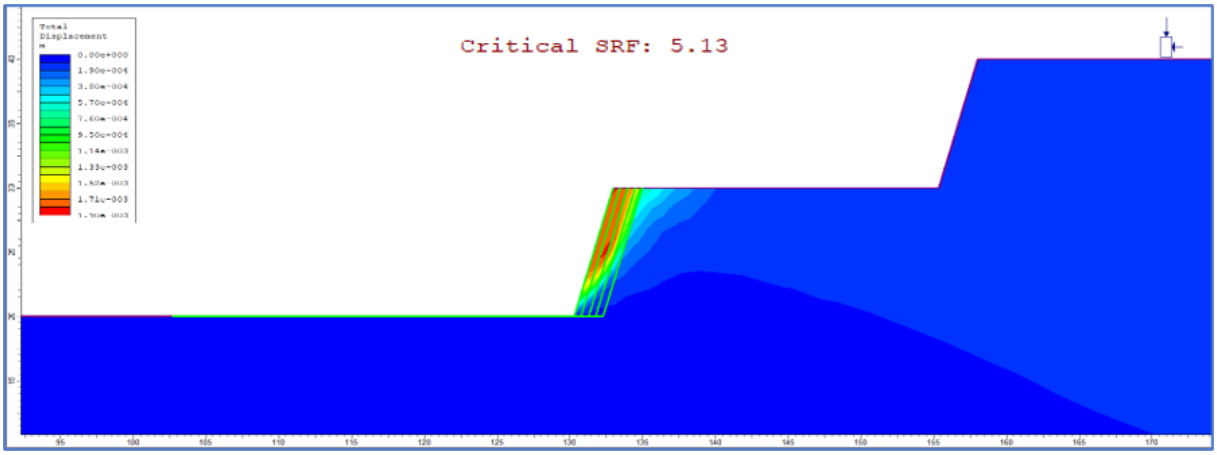



**Figure 6.** Blast II - Zone I Bench Close-up View

Analysis results for Zone II (Figure 7) revealed that in this section with a burden thickness of 2.5 m and a back-break distance of 1 m, the SRF value reached 5.68. This value represents a significant increase compared to the corresponding zone in Blast I (5.23), with the maximum displacement calculated as 1 mm.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

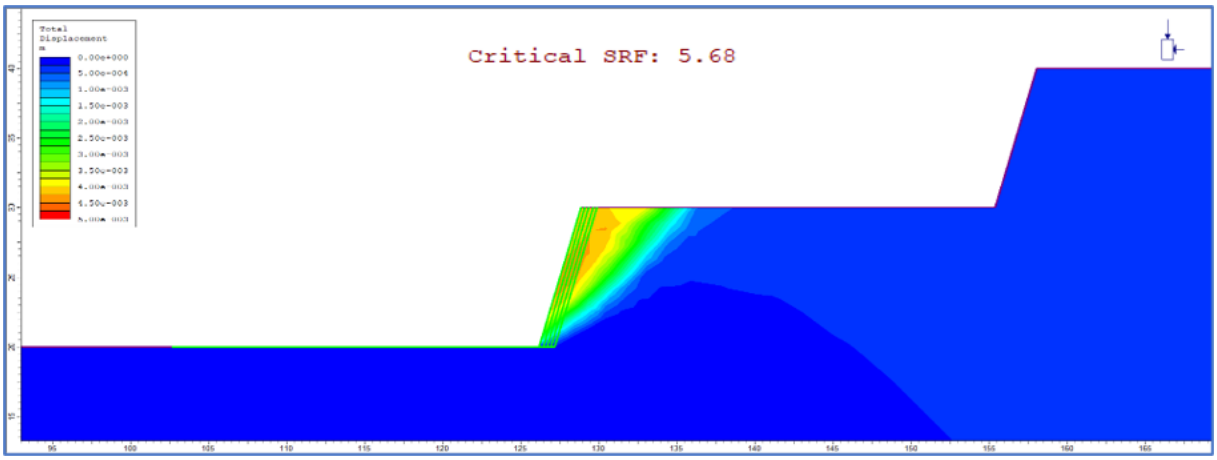



**Figure 8.** Blast II - Zone III Bench Close-up View

Modeling performed in Zone III (Figure 8) showed that the highest SRF value (5.73) was obtained in this section with a burden thickness of 2.1 m and a back-break distance of 0.8 m. In the second blast, maximum total displacement amounts in all zones were calculated as 1 mm, and it was confirmed that the displacement magnitudes remained well below the threshold that would trigger permanent failure in the rock mass.

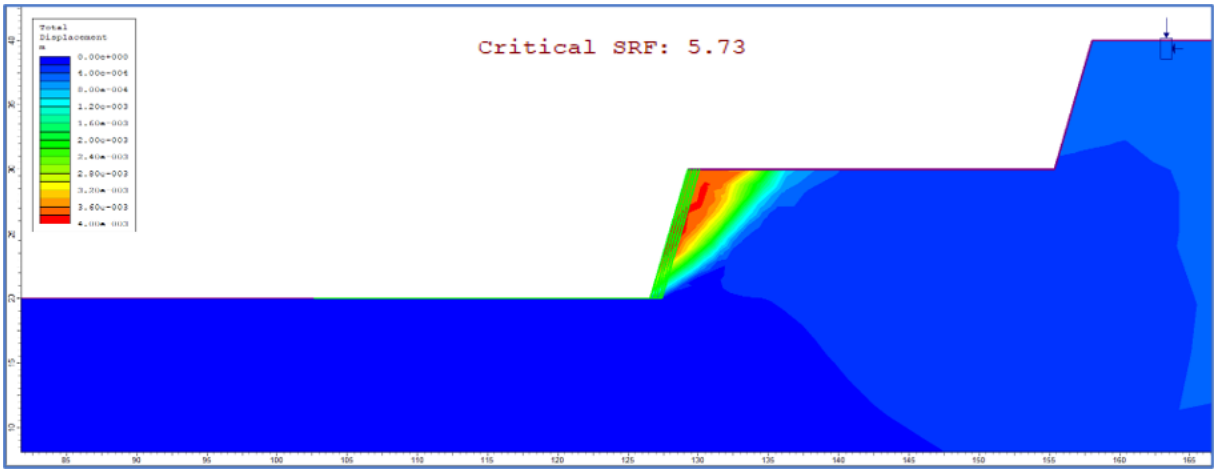



**Figure 8.** Blast II - Zone III Bench Close-up View

All obtained SRF values being above 3.5 indicates that the current slope geometry in the site has a wide safety margin under static and dynamic conditions. However, some of these high values may result from the upper-bound nature of the Nodal Displacement approach used; since in this method, the peak amplitudes of harmonic motion are transferred to the model as permanent displacement, SRF values would be expected to be lower compared to actual dynamic analysis.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Table 3.** Critical SRF and Maximum Displacement Values for All Zones

| Blast No | Zone No | Burden Thickness (m) | Critical SRF | Max. Displacement (mm) |
|---|---|---|---|---|
| I | I | 4.8 | 3.68 | 0.1 |
| I | II | 2.6 | 5.23 | 2 |
| I | III | 2 | 5.01 | 1 |
| II | I | 2.6 | 5.13 | 1 |
| II | II | 2.5 | 5.68 | 1 |
| II | III | 2.1 | 5.73 | 1 |

## CONCLUSION

In this study, the effects of two consecutive blasts on slope stability in an open pit operation in Istanbul were numerically modeled using Phase2 8.0 two-dimensional finite element software. PPV and dominant frequency data compiled from field measurements were converted to pseudo-static nodal displacements in order to transfer the time-dependent nature of actual seismic shock waves into the static code; this simplified framework developed provided a practical engineering roadmap for rapid determination of blast-induced damage boundaries and quantification of stiffness losses in the rock mass.

In the analyses within the scope of Blast I, it was observed that Zone I (4.8 m), where burden thickness was highest, exhibited the lowest SRF value (3.68), while SRF values increased to 5.23 and 5.01 in Zone II (2.6 m) and Zone III (2.0 m), respectively, where burden thickness decreased. Contrary to expectations, obtaining lower SRF with larger burden thickness indicates that as burden thickness increases, blasting energy causes more damage behind the slope. This finding is consistent with the "large burden thickness - high vibration - low stability" relationship in the literature; selecting burden thickness above the optimum value poses serious risks for slope stability, in addition to adverse consequences such as high vibration, insufficient fragmentation, and muckpile compaction.

The removal of disturbed and loose material from the site through excavation operations following Blast I resulted in increased SRF values in all zones under Blast II conditions. However, this improvement is not solely due to the excavation process; the increase in inter-row delay time from 42 ms to 142 ms in Blast II allowed vibration waves to be distributed over a longer time interval, significantly reducing instantaneous dynamic load and wave interference on the slope. Therefore, the SRF increase observed in the second blast is a combined result of burden optimization, increased delay time, and excavation/cleaning operations after the first blast. The SRF increase in Zone I (from 3.68 to 5.13) is the finding that most clearly

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

demonstrates the combined positive effect on slope stability of both reducing burden thickness from 4.8 m to 2.6 m and extending the delay time.

The maximum displacement values remaining at 2 mm or below in all zones, and SRF values remaining significantly above safe limits, indicate that the current blast design is at an acceptable level for the examined slopes. Testing the applicability of the pseudo-static seismic loading approach within the scope of Phase2 8.0 software, determining its inadequacy, and adopting the simplified modeling method based on the Nodal Displacement approach constitutes one of the important methodological contributions of the study.

Nevertheless, the study has some limitations. The limited number of samples (two) used in laboratory tests makes it difficult to fully represent the natural heterogeneous structure of the rock material. Strength changes occurring under dynamic loading were not determined directly through laboratory tests; instead, strength reduction rates recommended in the literature were used. Numerical analyses were performed under the two-dimensional plane strain approach, and the three-dimensional behavior exhibited by slopes in actual field conditions (extension of discontinuity networks, wedge-type failures, block movements) could not be fully reflected. Furthermore, pore water pressure was not included in the finite element analyses, and all analyses were conducted under the assumption of dry conditions; it is anticipated that the effective SRF value in the field during rainy seasons may be 0.3-0.8 units lower than the presented dry condition values. Finally, the Disturbance Factor (D) values used in defining the back-break zone are based on literature assumptions rather than direct field measurements.

Within the scope of the study, the relationships between blast geometry, vibration level, and slope safety were quantitatively revealed using a combination of field measurements, laboratory tests, and numerical modeling techniques. Peak particle velocity (PPV) data measured during blasting operations were not only used for evaluating vibration levels but also served as a fundamental data source for calibration of the numerical model and definition of disturbance zones. One of the most important contributions of the study in terms of field applications is the determination of a critical design parameter for blasting operations performed in this quarry: the obtained results showed that keeping burden thickness at approximately 2.5 m significantly reduces back-break development and disturbance behind the slope, while exceeding this value enlarges the damage zone behind the slope and creates a tendency for safety factor reduction.

Based on the obtained results, some recommendations for future studies can be presented. These include expanding the laboratory test program (triaxial compression, Brazilian tensile, elasticity) for more reliable representation of the heterogeneous structure of the rock material, directly measuring strength changes under dynamic loading using methods such as Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB), conducting three-dimensional modeling with software such as RS3, FLAC3D, 3DEC, or UDEC for evaluation of three-dimensional discontinuity-controlled mechanisms, defining actual vibration records obtained from the field directly into numerical models in the time domain, calibrating the disturbance factor (D) based on field data using high-resolution field measurement techniques such as LiDAR and photogrammetry, repeating the research in sites with different lithologies and different blast designs to increase

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

the generalizability of results, and regularly monitoring back-break formation and providing the obtained data as inputs for subsequent blast designs.

In conclusion, this study on blast efficiency and slope safety has demonstrated that not only burden thickness optimization but also inter-row delay time has a direct and determining effect on slope stability. Optimum delay time allows explosive energy to be discharged gradually, reducing back-break formation and dynamic straining, which positively affects the safety factor. It was determined that the blasts examined within the scope of this study were generally successful in terms of slope stability, but it is anticipated that safety factors can be further improved through the combined optimization of fundamental design parameters such as burden thickness and delay time.

## REFERENCES

Ak, H., Konuk, A. (2008). The effect of discontinuity frequency on ground vibrations produced from bench blasting: A case study. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28(9), 686-694.

Hoek, E., Brown, E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 34(8), 1165-1186.

Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., Carcedo, F.J.A. (1995). Drilling and Blasting of Rocks. Rotterdam: A.A. Balkema.

Konya, C.J., Walter, E.J. (1990). Surface Blast Design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Kutman Ticaret LTD Arşivleri (1992). İstanbul-Eyüp-Çiftalan Köyü'nün Jeolojisi, Şubat, İstanbul.

Kutman Ticaret LTD Arşivleri (1993). Sicil No 433, İ.R., 2549 No'lu Kömür Sahasının Jeolojisi, Mart, İstanbul.

Monjezi, M., Dehghani, H. (2008). Evaluation of effect of blasting pattern parameters on back break using neural networks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 45(8), 1446-1453.

Ozyurt, M.C. (2026) The Impact of Back-Break on Sequential Blast Performance: Consequences of Non-Optimal Design, Biltek Congress - XIV , Bangkok, Thailand, pp.82-97, 2026.

Silva, J., Worsey, T., Lusk, B. (2019). Practical assessment of rock damage due to blasting. International Journal of Mining Science and Technology, 29(3), 379-385.

Sun, C. (2013). Shock Wave Transfer (SWT) Theory and Its Application in Rock Blasting (Doctoral dissertation). University of Missouri, Columbia, MO.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DUYGU ANALİZİNDE METİN TEMSİLİ VE MODEL PERFORMANSININ KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ: IMDB VERİ SETİ ÖRNEĞİ

**Dr. Öğr. Üyesi Emre BİÇEK**
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
emrebicek@yyu.edu.tr - 0000-0001-6061-9372

## ÖZET

Bu çalışmada, IMDB film yorumları üzerinden pozitif ve negatif duygu sınıflandırması gerçekleştirilmiş ve farklı klasik makine öğrenmesi modellerinin performansları karşılaştırılmıştır. Başlangıçta 50.000 yorumdan oluşan veri setinde 418 tekrarlı kayıt belirlenerek çıkarılmış ve analizler 49.582 benzersiz yorum üzerinden yürütülmüştür. Metinlerin sayısal temsilinde TF-IDF yöntemi kullanılmış; Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression ve Linear Support Vector Machine (Linear SVM) modelleri aynı eğitim ve bağımsız test kümeleri üzerinde değerlendirilmiştir. Model performansları doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F1-skoru ve ROC-AUC ölçütleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca unigram ve unigram+bigram temsillerinin sınıflandırma başarısına etkisi, yorum uzunluğuna bağlı performans değişimleri ve modeller arasındaki farklılıkların istatistiksel anlamlılığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda en yüksek genel performans %91,28 doğruluk, 0,9138 F1-skoru ve 0,9721 ROC-AUC değeriyle Linear SVM modeli tarafından sağlanmıştır. Logistic Regression %90,77 doğrulukla Linear SVM'ye yakın bir performans göstermiş ve 0,9243 ile en yüksek duyarlılık değerine ulaşmıştır. Multinomial Naive Bayes'in doğruluk değeri ise %88,65 olarak belirlenmiştir. Unigramlara bigram özelliklerinin eklenmesi hem Logistic Regression hem de Linear SVM modellerinin performansını artırmıştır. Yorum uzunluğu analizinde Linear SVM'nin farklı uzunluk gruplarında daha kararlı performans gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar, duygu sınıflandırmasında model seçimi ve metin temsil biçiminin sınıflandırma başarısı açısından önemli olduğunu, ayrıca model performansının farklı yorum uzunluklarında değişebildiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Duygu analizi, IMDB, makine öğrenmesi, TF-IDF, Linear SVM, metin sınıflandırma

## 1. GİRİŞ

İnternet tabanlı platformların yaygınlaşmasıyla birlikte kullanıcılar ürünler, hizmetler, filmler ve çeşitli deneyimler hakkındaki görüşlerini yoğun biçimde metinsel içerikler aracılığıyla paylaşmaktadır. Bu içeriklerin hacmindeki hızlı artış, kullanıcı görüşlerinin manuel olarak değerlendirilmesini güçleştirmiş ve metinlerden otomatik olarak anlamlı bilgi çıkarılmasına yönelik yöntemlerin önemini artırmıştır. Bu kapsamda duygu analizi, metin içerisinde ifade edilen görüş, duygu ve değerlendirmelerin hesaplamalı yöntemlerle incelenmesini amaçlayan doğal dil işleme alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır (Pang ve Lee, 2008). Özellikle

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

kullanıcı yorumlarının duygu yönüne göre sınıflandırılması, büyük miktardaki metinsel verinin sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Duygu sınıflandırma problemlerinde elde edilen başarı yalnızca kullanılan algoritmaya değil, metinsel verinin nasıl temsil edildiğine de bağlıdır. Metinlerin yüksek boyutlu ve seyrek yapısı nedeniyle, sözcük ve ifadelerin ayırt edici önemini sayısal olarak temsil edebilen yöntemler sınıflandırma sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu amaçla TF-IDF yaklaşımı, metinlerdeki terimlerin hem ilgili belge içerisindeki sıklığını hem de tüm veri setindeki yaygınlığını dikkate alarak özelliklerin ağırlıklandırılmasını sağlamaktadır. TF-IDF ile elde edilen özellikler, klasik makine öğrenmesi algoritmalarıyla birlikte metin sınıflandırma problemlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Minaee ve ark., 2021).

Duygu analizi açısından önemli bir diğer konu, metin içerisindeki anlamın yalnızca bağımsız sözcüklerden oluşmamasıdır. Sözcüklerin birlikte kullanım biçimleri, ifadelerin bağlamı ve metnin yapısal özellikleri duygu yönünün belirlenmesinde etkili olabilmektedir. Bu nedenle tek sözcüklü temsillerin yanı sıra birden fazla sözcüğün birlikte dikkate alındığı n-gram yapılarının değerlendirilmesi, metinsel bilginin daha kapsamlı biçimde temsil edilmesine katkı sağlayabilir (Tripathy ve ark., 2016). Benzer şekilde metin uzunluğu da sınıflandırma performansını etkileyebilecek bir faktördür. Kısa ve uzun metinlerin bağlam zenginliği ve sözcük yoğunluğu açısından farklılık gösterebildiği ve bu farklılığın duygu sınıflandırma performansı üzerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (Amplayo ve ark., 2019). Bu nedenle model performanslarının yalnızca genel başarı ölçütleri üzerinden değil, farklı metin özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi daha kapsamlı sonuçlar sağlayabilir.

Klasik makine öğrenmesi algoritmaları; görece düşük hesaplama maliyetleri, yüksek boyutlu metinsel verilerle çalışabilmeleri ve sonuçlarının yorumlanabilir olması nedeniyle duygu analizi çalışmalarında önemini korumaktadır. Bu çalışmada karşılaştırılan Multinomial Naive Bayes olasılıksal yapısı, Logistic Regression doğrusal ve yorumlanabilir sınıflandırma yaklaşımı, Linear SVM ise yüksek boyutlu özellik uzaylarında güçlü ayırma yeteneği nedeniyle tercih edilmiştir. Naive Bayes ve SVM tabanlı yöntemlerin metin ve duygu sınıflandırma çalışmalarında güçlü temel yaklaşımlar olarak kullanıldığı, özellikle SVM'nin yüksek boyutlu ve seyrek metin özellikleriyle etkili biçimde çalışabildiği gösterilmiştir (Wang ve Manning, 2012; Joachims, 1998). Farklı öğrenme prensiplerine sahip bu üç modelin aynı veri seti ve aynı metin temsili altında değerlendirilmesi, algoritmik yaklaşımın duygu sınıflandırma performansı üzerindeki etkisinin daha sistematik biçimde karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, IMDB film yorumlarının pozitif ve negatif duygu sınıflarına ayrılmasında Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression ve Linear SVM modellerinin performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Metinler TF-IDF yöntemiyle temsil edilmiş, unigram ve unigram+bigram yapılarının sınıflandırma başarısına etkisi incelenmiş ve yorum uzunluğuna göre model performansları değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra modeller arasındaki performans farklılıkları istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve sınıflandırma kararlarında etkili olan metinsel özellikler incelenmiştir. Böylece çalışma, yalnızca hangi modelin daha yüksek başarı sağladığını belirlemeye değil, metin temsilinin ve yorum özelliklerinin sınıflandırma performansı üzerindeki etkisini birlikte değerlendirmeye odaklanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, kullanıcılar tarafından oluşturulan metinsel içeriklerin pozitif ve negatif duygu sınıflarına ayrılması amacıyla IMDB film yorumları veri seti kullanılmıştır. Deneysel süreç; veri setinin incelenmesi ve temizlenmesi, eğitim ve test kümelerinin oluşturulması, metinlerin TF-IDF yöntemiyle sayısal olarak temsil edilmesi, farklı makine öğrenmesi algoritmalarının eğitilmesi, n-gram yapısının sınıflandırma performansına etkisinin araştırılması, yorum uzunluğuna göre alt grup analizlerinin gerçekleştirilmesi ve sınıflandırma kararlarında etkili olan sözcük ve ifadelerin belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Modellerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla bütün sınıflandırıcılar aynı eğitim ve bağımsız test kümeleri üzerinde değerlendirilmiştir.

### 2.1. Veri Seti ve Veri Ön İşleme

Çalışmada duygu analizi amacıyla 50.000 İngilizce film yorumundan oluşan IMDB veri seti kullanılmıştır (Lakshmipathi N, 2019). Veri setinde her bir gözlem bir kullanıcı yorumu ve bu yoruma ait duygu etiketinden oluşmaktadır. Duygu etiketleri *positive* ve *negative* olmak üzere iki sınıftan oluşmakta; başlangıç veri setinde 25.000 pozitif ve 25.000 negatif yorum bulunmaktadır. Bu nedenle veri seti sınıf dağılımı açısından dengeli bir yapı göstermektedir.

Modelleme öncesinde veri seti eksik gözlem, tekrarlanan kayıt ve etiket tutarlılığı açısından incelenmiştir. Veri setinde eksik değere rastlanmamıştır. Bununla birlikte aynı metne sahip 418 tekrarlı yorum bulunduğu belirlenmiştir. Tekrarlanan bir yorumun hem eğitim hem de test verisinde bulunması, modelin daha önce gördüğü bir metin üzerinden değerlendirilmesine ve performansın olduğundan yüksek tahmin edilmesine neden olabileceğinden, tekrar eden kayıtlar analiz öncesinde veri setinden çıkarılmıştır. Aynı metne farklı duygu etiketlerinin atanıp atanmadığı ayrıca kontrol edilmiş ve bu nitelikte herhangi bir kayıt belirlenmemiştir. Tekrarlı kayıtların çıkarılmasının ardından analizlerde toplam 49.582 benzersiz yorum kullanılmıştır.

Temizlenen veri seti, pozitif ve negatif sınıfların oranları korunacak şekilde tabakalı (*stratified*) örnekleme kullanılarak %80 eğitim ve %20 bağımsız test kümesine ayrılmıştır. Deneylerin tekrarlanabilirliğinin sağlanması amacıyla rassal durum değeri (*random state*) 42 olarak sabitlenmiştir. Bu işlem sonucunda eğitim kümesinde 39.665, test kümesinde ise 9.917 yorum yer almıştır. Eğitim kümesi 19.907 pozitif ve 19.758 negatif yorumdan, bağımsız test kümesi ise 4.977 pozitif ve 4.940 negatif yorumdan oluşmuştur.

### 2.2. Metinlerin TF-IDF ile Temsil Edilmesi

Metinsel verilerin makine öğrenmesi algoritmaları tarafından işlenebilmesi için yorumlar Terim Frekansı-Ters Doküman Frekansı (*Term Frequency-Inverse Document Frequency*, TF-IDF) yöntemi kullanılarak sayısal özellik vektörlerine dönüştürülmüştür. TF-IDF yaklaşımı, bir terimin belirli bir metin içerisindeki kullanım sıklığını dikkate alırken aynı zamanda söz konusu terimin tüm veri kümesindeki yaygınlığını da hesaba katmaktadır. Böylece çok sayıda yorumda bulunan ve sınıflar açısından düşük ayırt ediciliğe sahip terimlerin ağırlıkları azaltılırken, belirli yorumlarda daha karakteristik olarak bulunan terimlerin ağırlıkları artırılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Ana deneysel modelde tek sözcüklerden oluşan unigramlar ile ardışık iki sözcükten oluşan bigramlar birlikte kullanılmıştır. Bu amaçla TF-IDF vektörleştiricisinin n-gram aralığı 1-2 olarak belirlenmiştir. Özellik uzayının aşırı büyümesini önlemek amacıyla maksimum özellik sayısı 100.000 ile sınırlandırılmıştır. En az iki belgede görülmeyen terimler özellik uzayına alınmamış (min_df=2) ve belgelerin %95'inden fazlasında bulunan aşırı yaygın terimler dışlanmıştır (max_df=0,95). Terim frekanslarının etkisini dengelemek amacıyla alt doğrusal terim frekansı ölçeklendirmesi (sublinear_tf=True) uygulanmıştır. TF-IDF dönüşümü yalnızca eğitim verisi üzerinde öğrenilmiş, daha sonra aynı dönüşüm bağımsız test verisine uygulanmıştır. Böylelikle test verisinden eğitim sürecine bilgi aktarılmasının önüne geçilmiştir. Bu işlemler sonucunda ana deneysel model için 39.665 gözlem ve 100.000 özellikten oluşan eğitim matrisi elde edilmiştir.

### 2.3. Duygu Sınıflandırma Modelleri

Duygu sınıflandırma performanslarının karşılaştırılması amacıyla farklı öğrenme prensiplerine sahip Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression ve Linear Support Vector Machine (Linear SVM) algoritmaları kullanılmıştır. Modellerin tamamı aynı eğitim verisiyle eğitilmiş ve aynı bağımsız test kümesi üzerinde değerlendirilmiştir.

Multinomial Naive Bayes, metin sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan olasılıksal bir sınıflandırma algoritmasıdır. Model, özelliklerin sınıfa koşullu bağımsızlığı varsayımına dayanarak gözlemlerin belirli bir sınıfa ait olma olasılıklarını hesaplamaktadır. Yüksek boyutlu ve seyrek metin temsillerinde etkin biçimde kullanılabilmesi ve TF-IDF özellikleriyle uygulanabilmesi nedeniyle karşılaştırmaya temel model olarak dâhil edilmiştir (Manning ve ark., 2008). Modelde yumuşatma parametresi alpha=1,0 olarak kullanılmıştır; bu değer Laplace yumuşatmasına karşılık gelmektedir.

Logistic Regression, ikili sınıflandırma problemlerinde bir gözlemin belirli bir sınıfa ait olma olasılığını doğrusal bir karar fonksiyonu üzerinden tahmin eden denetimli öğrenme yöntemlerinden biridir. Modelin öğrenmiş olduğu katsayılar, özelliklerin sınıflandırma kararına katkısının yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi sağlayabildiğinden yorumlanabilirlik açısından da avantaj sunmaktadır (Hosmer ve ark., 2013). Bu çalışmada düzenlileştirme parametresi C=1,0 olarak kullanılmış ve yakınsama için maksimum iterasyon sayısı 1000 olarak belirlenmiştir. Ayrıca model katsayıları incelenerek pozitif ve negatif duygu kararlarında etkili olan metinsel özellikler değerlendirilmiştir.

Linear SVM, sınıfları birbirinden ayıran karar sınırı ile gözlemler arasındaki marjini en yüksek düzeye çıkarmayı amaçlayan doğrusal bir sınıflandırma algoritmasıdır (Cortes ve Vapnik, 1995). Yüksek boyutlu ve seyrek metin verilerinde etkin çalışabilmesi nedeniyle metin sınıflandırma problemlerinde güçlü bir sınıflandırıcı olarak değerlendirilmektedir (Joachims, 1998). Bu çalışmada Linear SVM modelinin düzenlileştirme parametresi C=1,0 olarak kullanılmıştır.

### 2.4. Performans Değerlendirme Ölçütleri

Sınıflandırma modellerinin performanslarının kapsamlı biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1-skoru ve ROC eğrisi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

altında kalan alan (ROC-AUC) ölçütleri kullanılmıştır (Sokolova ve Lapalme, 2009; Fawcett, 2006).

Doğruluk, model tarafından doğru sınıflandırılan gözlem sayısının toplam gözlem sayısına oranını ifade etmektedir. Kesinlik, pozitif olarak tahmin edilen yorumların ne kadarının gerçekten pozitif olduğunu; duyarlılık ise gerçek pozitif yorumların ne kadarının model tarafından doğru biçimde belirlenebildiğini göstermektedir. F1-skoru, kesinlik ve duyarlılığın harmonik ortalamasını ifade ederek iki ölçütü birlikte değerlendirmektedir (De Diego ve ark., 2022). ROC-AUC değeri ise modelin farklı karar eşiklerinde pozitif ve negatif sınıfları birbirinden ayırma gücünü değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır (Cabot & Ross, 2023).

Modellerin yaptıkları sınıflandırma hatalarının ayrıntılı olarak incelenebilmesi için ayrıca karmaşıklık matrisi (confusion matrix) oluşturulmuştur. Karmaşıklık matrisi, gerçek ve tahmin edilen sınıfların karşılaştırılmasına dayalı olarak doğru ve yanlış sınıflandırılan gözlemlerin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesini sağlamaktadır (Vanacore ve ark., 2024). Bu kapsamda doğru negatif (true negative), yanlış pozitif (false positive), yanlış negatif (false negative) ve doğru pozitif (true positive) gözlem sayıları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Doğruluk değerlerine ilişkin örnekleme belirsizliğinin belirlenebilmesi amacıyla 1.000 tekrarlı bootstrap yeniden örnekleme yaklaşımı kullanılarak %95 güven aralıkları hesaplanmıştır. Bootstrap yaklaşımı, yeniden örnekleme yoluyla bir istatistiğe ilişkin örnekleme dağılımının ve buna bağlı güven aralıklarının tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır (Efron ve Narasimhan, 2020). Böylece model performansları yalnızca tek bir nokta tahmini üzerinden değil, bu tahminlerdeki belirsizlik de dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

### 2.5. Modellerin İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması

Modellerin aynı bağımsız test kümesi üzerinde değerlendirilmesi nedeniyle, sınıflandırma davranışları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla McNemar testi kullanılmıştır. McNemar testi, aynı gözlemler üzerinde elde edilen eşleştirilmiş ikili sonuçların karşılaştırılmasına dayanan ve özellikle uyumsuz gözlemler üzerinden iki yaklaşım arasındaki farklılığı değerlendiren bir yöntemdir (Pembury Smith ve Ruxton, 2020). Bu analiz sayesinde modellerin aynı test örnekleri üzerindeki doğru ve yanlış sınıflandırma örüntülerinin istatistiksel olarak farklılaşıp farklılaşmadığı değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

### 2.6. N-gram Yapısının Duygu Sınıflandırmasına Etkisinin Belirlenmesi

Tek sözcüklerin yanı sıra sözcük birlikteliklerinin sınıflandırma performansına katkısını değerlendirmek amacıyla ek bir n-gram deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilk koşulda yalnızca unigram özellikleri (ngram_range=(1,1)), ikinci koşulda ise unigram ve bigram özellikleri birlikte (ngram_range=(1,2)) kullanılmıştır.

Her iki metin temsilinde de maksimum özellik sayısı 100.000 olarak sınırlandırılmış; minimum belge frekansı, maksimum belge frekansı ve alt doğrusal terim frekansı ayarları aynı tutulmuştur. Böylelikle gözlenen performans farklılığının mümkün olduğunca n-gram yapısındaki değişimden kaynaklanması amaçlanmıştır. Bu karşılaştırma Logistic Regression ve Linear SVM modelleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Bigramların analize dâhil edilmesi özellikle “the worst”, “the best” ve “must see” gibi birlikte kullanıldıklarında belirgin duygu bilgisi taşıyabilen sözcük gruplarının tek bir özellik olarak temsil edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu analiz ile sözcük birlikteliklerinin duygu sınıflandırma başarısına ek katkı sağlayıp sağlamadığı araştırılmıştır.

### 2.7. Yorum Uzunluğuna Göre Alt Grup Analizi

Metin uzunluğunun duygu sınıflandırıcılarının performansı üzerindeki olası etkisinin incelenmesi amacıyla yorumların sözcük sayıları hesaplanmıştır. Tekrarlı kayıtların çıkarılmasının ardından veri setindeki yorumların ortalama uzunluğu 231,35 sözcük, medyan uzunluğu ise 173 sözcük olarak belirlenmiştir. En kısa yorum 4, en uzun yorum ise 2.470 sözcükten oluşmaktadır.

Uzunluk gruplarının oluşturulmasında test kümesine ait dağılım bilgisinin analiz sürecine aktarılmasını önlemek amacıyla eşik değerler yalnızca eğitim kümesi üzerinden belirlenmiştir. Eğitim verisindeki yorum uzunluklarının birinci çeyrek değeri 127, üçüncü çeyrek değeri ise 281 sözcük olarak hesaplanmıştır. Buna göre 127 veya daha az sözcük içeren yorumlar “kısa”, 128-281 sözcük içeren yorumlar “orta” ve 282 veya daha fazla sözcük içeren yorumlar “uzun” olarak sınıflandırılmıştır.

Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression ve Linear SVM modellerinin bağımsız test kümesindeki sınıflandırma performansları bu üç uzunluk grubunda ayrı ayrı hesaplanmıştır. Böylece modellerin genel sınıflandırma başarılarının yanı sıra farklı uzunluktaki yorumlarda performanslarını ne ölçüde koruyabildiklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### 2.8. Model Kararlarında Etkili Olan Metinsel Özelliklerin Belirlenmesi

Sınıflandırma performanslarının değerlendirilmesine ek olarak, model kararlarında etkili olan sözcük ve ifadelerin belirlenmesi amacıyla Logistic Regression modelinin öğrenmiş olduğu özellik katsayıları incelenmiştir. Bu yaklaşım, modelin pozitif ve negatif duygu sınıflarına ilişkin kararlarında hangi metinsel özelliklerin daha belirleyici olduğunu değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

Logistic Regression modelinde pozitif katsayı değerleri pozitif duygu sınıfıyla, negatif katsayı değerleri ise negatif duygu sınıfıyla ilişkili özellikleri göstermektedir. Katsayıların mutlak büyüklüğü, ilgili unigram veya bigram özelliğinin sınıflandırma kararındaki ayırt edici gücünün bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Bu doğrultuda, pozitif ve negatif sınıflar açısından en yüksek mutlak katsayı değerlerine sahip sözcük ve sözcük grupları sıralanmıştır. Böylece modelin sınıflandırma başarısının yanı sıra, pozitif ve negatif duygu kararlarının hangi metinsel özelliklerle daha güçlü biçimde ilişkili olduğu da incelenmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1. Sınıflandırma Modellerinin Performanslarının Karşılaştırılması

Çalışmada Multinomial Naive Bayes (MNB), Logistic Regression (LR) ve Linear Support Vector Machine (Linear SVM) modellerinin duygu sınıflandırma performansları aynı bağımsız

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

test kümesi üzerinde karşılaştırılmıştır. Modellerin doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F1-skoru ve ROC-AUC değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Duygu sınıflandırma modellerinin performans sonuçları**

| Model | Doğruluk | Kesinlik | Duyarlılık | F1-skoru | ROC-AUC |
|---|---|---|---|---|---|
| Multinomial Naive Bayes | 0,8865 | 0,8875 | 0,8861 | 0,8868 | 0,9547 |
| Logistic Regression | 0,9077 | 0,8953 | **0,9243** | 0,9095 | 0,9685 |
| Linear SVM | **0,9128** | **0,9065** | 0,9212 | **0,9138** | **0,9721** |

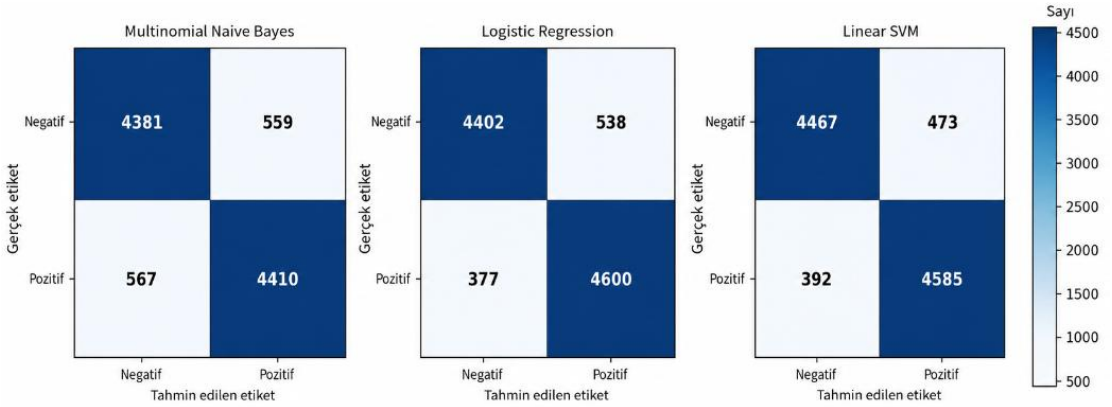
Elde edilen sonuçlara göre en yüksek genel sınıflandırma başarısı Linear SVM modeli tarafından sağlanmıştır. Linear SVM'nin doğruluk değeri %91,28, F1-skoru 0,9138 ve ROC-AUC değeri 0,9721 olarak belirlenmiştir. Bu model aynı zamanda 0,9065 ile en yüksek kesinlik değerine ulaşmıştır. Logistic Regression modeli %90,77 doğruluk ve 0,9095 F1-skoruyla Linear SVM'ye yakın bir performans göstermiştir. Logistic Regression'ın 0,9243 olan duyarlılık değerinin üç model arasında en yüksek değer olması, gerçek pozitif yorumların belirlenmesinde bu modelin daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Multinomial Naive Bayes modeli ise %88,65 doğruluk ve 0,8868 F1-skoruyla diğer iki modelin gerisinde kalmıştır. Bununla birlikte ROC-AUC değerinin 0,9547 olması, modelin pozitif ve negatif duygu sınıflarını ayırt etme kapasitesinin genel olarak yüksek olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, TF-IDF ile oluşturulan yüksek boyutlu metin temsillerinde doğrusal ayrıştırıcı modeller olan Logistic Regression ve Linear SVM'nin olasılıksal Multinomial Naive Bayes modeline kıyasla daha yüksek sınıflandırma başarısı sağladığını ortaya koymuştur.

Doğruluk değerlerinin 1.000 tekrarlı bootstrap yeniden örnekleme yöntemiyle hesaplanan %95 güven aralıkları MNB için 0,8800-0,8925, Logistic Regression için 0,9020-0,9134 ve Linear SVM için 0,9076-0,9186 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, bağımsız test kümesinde elde edilen performans değerlerinin yeniden örnekleme altında da genel olarak kararlı olduğunu göstermektedir.

### 3.2. Sınıflandırma Hatalarının Değerlendirilmesi

Modellerin pozitif ve negatif yorumlar üzerindeki sınıflandırma davranışlarının daha ayrıntılı incelenmesi amacıyla karmaşıklık matrisleri oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 1'de gösterilmiştir.




Şekil 1. Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression ve Linear SVM modellerine ait karmaşıklık matrisleri

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

MNB modeli toplam 1.126 yorumu yanlış sınıflandırırken, Logistic Regression modelinde bu sayı 915'e ve Linear SVM modelinde 865'e düşmüştür. Linear SVM, 4.940 gerçek negatif yorumun 4.467'sini doğru sınıflandırmış ve negatif yorumların pozitif olarak yanlış sınıflandırıldığı durumları 473 gözleme kadar azaltmıştır. Bu sonuç, modelin özellikle negatif yorumları ayırt etme açısından diğer iki modele göre daha güçlü bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Logistic Regression ise pozitif sınıf açısından dikkat çekici bir performans göstermiştir. Model, 4.977 pozitif yorumun 4.600'ünü doğru sınıflandırmış ve yalnızca 377 pozitif yorumu negatif olarak tahmin etmiştir. Bu bulgu, Çizelge 1'de Logistic Regression için elde edilen en yüksek duyarlılık değerini desteklemektedir. Dolayısıyla Linear SVM genel sınıflandırma performansı ve negatif sınıfın ayrıştırılmasında öne çıkarken, Logistic Regression gerçek pozitif örneklerin yakalanmasında küçük bir avantaj göstermiştir.

### 3.3. N-gram Yapısının Sınıflandırma Performansına Etkisi

Tek sözcüklerin yanı sıra iki sözcüklü ifadelerin metin temsiline dâhil edilmesinin sınıflandırma performansına etkisini belirlemek amacıyla Logistic Regression ve Linear SVM modelleri unigram ve unigram+bigram TF-IDF temsilleri altında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2. Unigram ve unigram+bigram metin temsillerine göre model performansları**

| Model | Metin Temsili | Doğruluk | Kesinlik | Duyarlılık | F1-skoru | ROC-AUC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Logistic Regression | Unigram | 0,8971 | 0,8900 | 0,9072 | 0,8985 | 0,9624 |
| Logistic Regression | Unigram + Bigram | **0,9077** | **0,8953** | **0,9243** | **0,9095** | **0,9685** |
| Linear SVM | Unigram | 0,8963 | 0,8923 | 0,9024 | 0,8973 | 0,9620 |
| Linear SVM | Unigram + Bigram | **0,9128** | **0,9065** | **0,9212** | **0,9138** | **0,9721** |

Bigram özelliklerinin metin temsiline eklenmesi her iki modelde de sınıflandırma başarısını artırmıştır. Logistic Regression modelinde doğruluk değeri unigram kullanımında %89,71 iken unigram+bigram kullanımında %90,77'ye yükselmiştir. Bu değişim yaklaşık 1,06 yüzde puanlık bir artışa karşılık gelmektedir. Linear SVM'de ise doğruluk %89,63'ten %91,28'e yükselmiş ve yaklaşık 1,64 yüzde puanlık bir iyileşme sağlanmıştır.

Benzer artışlar F1-skoru ve ROC-AUC değerlerinde de gözlenmiştir. Özellikle Linear SVM modelinin F1-skorunun 0,8973'ten 0,9138'e ve ROC-AUC değerinin 0,9620'den 0,9721'e yükselmesi, iki sözcüklü yapıların duygu sınıflandırmasında yararlı ek bilgi sağladığını göstermektedir. Bu durum, duygu bilgisinin yalnızca bağımsız sözcüklerden değil, sözcüklerin birlikte oluşturduğu ifade örüntülerinden de kaynaklandığını göstermesi bakımından önemlidir.

### 3.4. Yorum Uzunluğuna Göre Sınıflandırma Performansının Değerlendirilmesi

Tekrarlı kayıtların çıkarılmasının ardından veri setindeki yorumların ortalama uzunluğu 231,35 sözcük, medyan uzunluğu ise 173 sözcük olarak belirlenmiştir. En kısa yorum 4, en uzun yorum 2.470 sözcükten oluşmuştur. Eğitim verisinin uzunluk dağılımı esas alınarak test yorumları kısa (≤127 sözcük), orta (128–281 sözcük) ve uzun (≥282 sözcük) olmak üzere üç grupta

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

değerlendirilmiştir. Bağımsız test kümesinde kısa grupta 2.632, orta grupta 4.842 ve uzun grupta 2.443 yorum yer almıştır. Yorum uzunluğunun model performansıyla ilişkisini değerlendirmek amacıyla her bir modelin doğruluk değeri bu üç uzunluk grubu için ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur.

**Çizelge 3. Yorum uzunluğuna göre modellerin sınıflandırma performansları**

| Model | Kısa Doğruluk | Orta Doğruluk | Uzun Doğruluk |
|---|---|---|---|
| Multinomial Naive Bayes | 0,8986 | 0,8870 | 0,8723 |
| Logistic Regression | 0,9138 | 0,9056 | 0,9054 |
| Linear SVM | **0,9157** | **0,9128** | **0,9095** |

Çizelge 3 incelendiğinde, yorum uzunluğu arttıkça özellikle Multinomial Naive Bayes modelinin doğruluk değerinde belirgin bir azalma olduğu görülmektedir. MNB'nin kısa yorumlardaki doğruluk değeri %89,86 iken uzun yorumlarda %87,23'e düşmüş ve iki grup arasında yaklaşık 2,63 yüzde puanlık fark oluşmuştur. Logistic Regression modelinin doğruluk değeri kısa yorumlarda %91,38, orta uzunluktaki yorumlarda %90,56 ve uzun yorumlarda %90,54 olarak belirlenmiştir. Bu modelde kısa ve uzun yorumlar arasındaki performans farkının MNB'ye kıyasla daha sınırlı olduğu görülmüştür.

Linear SVM tüm uzunluk gruplarında en yüksek doğruluk değerini vermiştir. Model kısa yorumlarda %91,57, orta uzunluktaki yorumlarda %91,28 ve uzun yorumlarda %90,95 doğruluk sağlamıştır. Kısa ve uzun yorumlar arasındaki fark yalnızca yaklaşık 0,62 yüzde puan düzeyinde kalmıştır. Bu sonuç, Linear SVM modelinin farklı yorum uzunluklarında diğer modellere kıyasla daha kararlı bir sınıflandırma performansı sergilediğini göstermektedir.

Üç modelde de kısa yorumlarda daha yüksek doğruluk değerlerinin elde edilmesi, kısa metinlerde duygu yönünü belirleyen ifadelerin daha yoğun ve doğrudan bulunmasıyla ilişkili olabilir. Uzun yorumlarda ise aynı metin içerisinde olumlu ve olumsuz değerlendirmelerin birlikte bulunması, anlatının farklı yönlere kayması veya duygu yönü bakımından daha az belirgin ifadelerin yer alması sınıflandırmayı güçleştirebilir. Bununla birlikte, bu olası dilsel nedenlerin doğrudan doğrulanabilmesi için yanlış sınıflandırılan yorumların içerik düzeyinde ayrıca incelenmesi gerekmektedir.

### 3.5. Modeller Arasındaki Performans Farklarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Modellerin aynı test örnekleri üzerindeki sınıflandırma davranışları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla McNemar testi uygulanmıştır. İkili model karşılaştırmalarına ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4. Modellerin McNemar testiyle ikili karşılaştırılması**

| Model Karşılaştırması | McNemar İstatistiği | p |
|---|---|---|
| MNB – Logistic Regression | 61,165 | <0,001 |
| MNB – Linear SVM | 74,367 | <0,001 |
| Logistic Regression – Linear SVM | 5,584 | 0,018 |

MNB ile Logistic Regression ve MNB ile Linear SVM arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Bu sonuçlar, modellerin aynı test örnekleri üzerindeki sınıflandırma davranışlarının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaştığını göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Logistic Regression ve Linear SVM arasındaki doğruluk farkı yalnızca yaklaşık 0,50 yüzde puan olmasına rağmen McNemar testi sonucunda bu farkın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (p=0,018). Bu bulgu, toplam doğruluk değerleri birbirine oldukça yakın görünse bile iki modelin aynı yorumlar üzerinde tamamen aynı hata örüntüsünü göstermediğine işaret etmektedir. Sonuç olarak Linear SVM'nin elde ettiği en yüksek genel başarı, eşleştirilmiş tahminler dikkate alındığında da istatistiksel olarak desteklenmiştir.

### 3.6. Model Kararlarında Etkili Olan Sözcük ve İfadelerin Değerlendirilmesi

Logistic Regression modelinin öğrenmiş olduğu katsayılar incelenerek pozitif ve negatif duygu sınıflarının belirlenmesinde en yüksek mutlak katsayı değerlerine sahip TF-IDF özellikleri belirlenmiştir. Pozitif katsayılar pozitif duygu sınıfına, negatif katsayılar ise negatif duygu sınıfına yönelimi göstermektedir. En yüksek mutlak katsayı değerlerine sahip özelliklerden bazıları Çizelge 5'te sunulmuştur.

**Çizelge 5. Logistic Regression modelinde en yüksek mutlak katsayı değerlerine sahip metinsel özellikler**

| Pozitif Özellik | Katsayı | Negatif Özellik | Katsayı |
|---|---|---|---|
| great | 8,643 | bad | -9,250 |
| excellent | 6,619 | worst | -8,551 |
| perfect | 5,290 | awful | -7,501 |
| wonderful | 4,940 | the worst | -6,754 |
| amazing | 4,741 | boring | -6,691 |
| best | 4,566 | poor | -6,239 |
| the best | 4,354 | terrible | -5,982 |
| loved | 4,203 | waste | -5,817 |
| brilliant | 4,088 | nothing | -5,356 |
| love | 4,050 | worse | -4,724 |

Pozitif duygu sınıfında “great”, “excellent”, “perfect”, “wonderful” ve “amazing” ifadelerinin yüksek pozitif katsayılara sahip olduğu belirlenmiştir. Negatif sınıfta ise “bad”, “worst”, “awful”, “boring” ve “poor” ifadeleri güçlü negatif katsayılarla öne çıkmıştır. Bu bulgular, modelin sınıflandırma kararlarında açık duygu yönelimi taşıyan değerlendirici sözcüklerden yoğun biçimde yararlandığını göstermektedir.

Ayrıca “the best” ve “the worst” gibi bigramların en ayırt edici özellikler arasında bulunması dikkat çekicidir. “the best” ifadesinin pozitif sınıf katsayısı 4,354 iken “the worst” ifadesinin negatif sınıf katsayısı -6,754 olarak belirlenmiştir. Bu durum, n-gram analizinde unigram+bigram temsilinin yalnızca unigram kullanımına göre daha yüksek sınıflandırma başarısı sağlamasıyla uyumludur. Başka bir ifadeyle, model açısından duygu bilgisinin yalnızca tek tek sözcüklerden değil, sözcük birlikteliklerinden de elde edildiği görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, üç model arasında Linear SVM en yüksek doğruluk, kesinlik, F1-skoru ve ROC-AUC değerlerini sağlamış; Logistic Regression ise pozitif sınıfa ilişkin en yüksek duyarlılık değerini vermiştir. Bigram özelliklerinin eklenmesi her iki doğrusal modelin performansını artırmış, yorum uzunluğunun artması ise özellikle Multinomial Naive Bayes modelinin başarısını olumsuz etkilemiştir. İstatistiksel analizler model performansları

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu ortaya koyarken, özellik katsayılarının incelenmesi sınıflandırma kararlarının hangi sözcük ve ifadeler üzerinden şekillendiğini göstermiştir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, IMDB film yorumları üzerinden pozitif ve negatif duygu sınıflandırması gerçekleştirilmiş ve Multinomial Naive Bayes, Logistic Regression ve Linear SVM modellerinin performansları karşılaştırılmıştır. Metinlerin sayısal olarak temsil edilmesinde TF-IDF yaklaşımı kullanılmış; ayrıca unigram ve unigram+bigram temsillerinin sınıflandırma başarısına etkisi incelenmiştir. Bunun yanında yorum uzunluğuna göre model performansı değerlendirilmiş, modeller arasındaki farkların istatistiksel anlamlılığı test edilmiş ve Logistic Regression katsayıları üzerinden sınıflandırma kararlarında etkili olan sözcük ve ifadeler analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular, üç model arasında en yüksek genel sınıflandırma performansının Linear SVM modeli tarafından sağlandığını göstermiştir. Linear SVM %91,28 doğruluk, 0,9138 F1-skoru ve 0,9721 ROC-AUC değeriyle diğer modellerin önünde yer almıştır. Logistic Regression %90,77 doğruluk ile Linear SVM'ye oldukça yakın bir performans göstermiş ve özellikle pozitif yorumların belirlenmesinde 0,9243 duyarlılık değeriyle en başarılı model olmuştur. Multinomial Naive Bayes ise %88,65 doğruluk oranıyla diğer iki modelin gerisinde kalmıştır.

Metin temsilinde bigram özelliklerinin unigramlara eklenmesi hem Logistic Regression hem de Linear SVM modellerinin performansını artırmıştır. Bu sonuç, duygu bilgisinin yalnızca tekil sözcükler aracılığıyla değil, sözcük birliktelikleri yoluyla da taşındığını göstermektedir. Özellikle “the best” ve “the worst” gibi iki sözcüklü ifadelerin model kararlarında yüksek ayırt edici etkiye sahip olması bu bulguyu desteklemektedir.

Yorum uzunluğu açısından yapılan değerlendirmede ise model performanslarının metin uzunluğuna bağlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir. Multinomial Naive Bayes modeli uzun yorumlarda daha belirgin bir performans kaybı gösterirken, Linear SVM tüm uzunluk gruplarında daha kararlı bir sınıflandırma başarısı sergilemiştir. Bu sonuç, Linear SVM'nin uzun yorumlarda sınıflandırma performansını diğer modellere kıyasla daha iyi koruduğunu göstermektedir.

Modeller arasındaki performans farklarının McNemar testiyle değerlendirilmesi sonucunda MNB ile Logistic Regression ve MNB ile Linear SVM arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Logistic Regression ile Linear SVM arasındaki fark da $p=0,018$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, modellerin yalnızca genel doğruluk değerleri açısından değil, aynı test örnekleri üzerindeki sınıflandırma davranışları bakımından da farklılaştığını göstermektedir.

Model yorumlanabilirliği açısından gerçekleştirilen katsayı analizinde “great”, “excellent”, “perfect”, “wonderful” ve “amazing” gibi ifadelerin pozitif sınıf kararlarında; “bad”, “worst”, “awful”, “boring” ve “poor” gibi ifadelerin ise negatif sınıf kararlarında belirgin biçimde etkili olduğu görülmüştür. Bu bulgular, Logistic Regression modelinin sınıflandırma kararlarının

yorumlanabilir olduğunu ve duygu yönü taşıyan dilsel göstergelerin model davranışıyla güçlü biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak çalışma, TF-IDF tabanlı klasik makine öğrenmesi yaklaşımlarının IMDB duygu sınıflandırması probleminde yüksek performans sağlayabildiğini ve özellikle Linear SVM'nin doğruluk, F1-skoru ve ROC-AUC açısından güçlü ve kararlı bir model olduğunu göstermiştir. Ayrıca n-gram yapısı, yorum uzunluğu ve model kararlarında etkili olan metinsel özelliklerin birlikte değerlendirilmesi, duygu analizi performansının seçilen algoritmanın yanı sıra metin temsil biçimi ve metnin yapısal özelliklerine göre de değişebildiğini göstermiştir.

Bu çalışma kapsamında üç klasik makine öğrenmesi yaklaşımı değerlendirilmiştir. Gelecek çalışmalarda Transformer tabanlı dil modellerinin mevcut yöntemlerle karşılaştırılması, farklı veri setlerinde genellenebilirliğin incelenmesi ve daha ayrıntılı açıklanabilir yapay zekâ yöntemlerinin kullanılmasıyla duygu sınıflandırma süreçlerinin daha kapsamlı biçimde analiz edilmesi mümkündür.

## KAYNAKÇA

Amplayo, R. K., Lim, S., & Hwang, S.-w. (2019). Text length adaptation in sentiment classification. In *Proceedings of the Eleventh Asian Conference on Machine Learning* (Vol. 101, pp. 646–661). Proceedings of Machine Learning Research

Cabot, J. H., & Ross, E. G. (2023). Evaluating prediction model performance. Surgery, 174(3), 723–726. https://doi.org/10.1016/j.surg.2023.05.023

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning, 20*(3), 273–297. https://doi.org/10.1007/BF00994018

De Diego, I. M., Redondo, A. R., Fernández, R. R., Navarro, J., & Moguerza, J. M. (2022). General performance score for classification problems. Applied Intelligence, 52, 12049–12063. https://doi.org/10.1007/s10489-021-03041-7

Efron, B., & Narasimhan, B. (2020). The automatic construction of bootstrap confidence intervals. Journal of Computational and Graphical Statistics, 29(3), 608–619. https://doi.org/10.1080/10618600.2020.1714633

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. Pattern Recognition Letters, 27(8), 861–874. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010

Hosmer, D. W., Jr., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (3rd ed.). Wiley.

Joachims, T. (1998). Text categorization with support vector machines: Learning with many relevant features. In C. Nédellec & C. Rouveirol (Eds.), *Machine learning: ECML-98* (pp. 137–142). Springer. https://doi.org/10.1007/BFb0026683

Lakshmipathi N. (2019). *IMDB dataset of 50K movie reviews* [Data set]. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/lakshmi25npathi/imdb-dataset-of-50k-movie-reviews

Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press. https://nlp.stanford.edu/IR-book/

Minaee, S., Kalchbrenner, N., Cambria, E., Nikzad, N., Chenaghlu, M., & Gao, J. (2021). Deep learning–based text classification: A comprehensive review. *ACM Computing Surveys, 54*(3), Article 62, 1–40. https://doi.org/10.1145/3439726

Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval, 2*(1–2), 1–135. https://doi.org/10.1561/1500000011

Pembury Smith, M. Q. R., & Ruxton, G. D. (2020). Effective use of the McNemar test. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 74*, Article 133. https://doi.org/10.1007/s00265-020-02916-y

Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. Information Processing & Management, 45(4), 427–437. https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002

Tripathy, A., Agrawal, A., & Rath, S. K. (2016). Classification of sentiment reviews using n-gram machine learning approach. *Expert Systems with Applications, 57*, 117–126. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.03.028

Vanacore, A., Pellegrino, M. S., & Ciardiello, A. (2024). Fair evaluation of classifier predictive performance based on binary confusion matrix. *Computational Statistics, 39*, 363–383. https://doi.org/10.1007/s00180-022-01301-9

Wang, S., & Manning, C. D. (2012). Baselines and bigrams: Simple, good sentiment and topic classification. In *Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)* (pp. 90–94). Association for Computational Linguistics. https://aclanthology.org/P12-2018/

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED AUTONOMOUS FLIGHT SAFETY AND DECISION-MAKING FRAMEWORK FOR HIGH-SPEED ROCKET SYSTEMS

**Asst. Prof. Dr. Ercüment ÖZTÜRK**
Karadeniz Technical University,
ercumentozturk@ktu.edu.tr - 0000-0001-9623-6955

**Asst. Prof. Dr. Amir NASER**
Avrasya University,
amir.naser@avrasya.edu.tr - 0000-0001-9675-2212

**Asst. Prof. Dr. F. Baturalp GÜNAY**
Atatürk University,
baturalp@atauni.edu.tr - 0000-0001-5472-3608

## ABSTRACT

High-speed rocket systems operate under rapidly varying aerodynamic loads, thermal conditions, structural vibration, sensor uncertainty, and stringent real-time safety constraints. Conventional rule-based flight safety architectures are reliable within predefined envelopes but may become conservative or insufficient when multiple weak anomalies emerge simultaneously. This study proposes a hybrid artificial-intelligence framework for autonomous flight safety and decision making in high-speed research and launch vehicles. The architecture combines multivariate telemetry assessment, a Soft Actor-Critic decision policy, a particle-swarm-optimized risk function, and a deterministic safety shield based on hard operational constraints. The state vector includes altitude, velocity, longitudinal acceleration, dynamic pressure, attitude error, vibration, temperature, and sensor-consistency indicators. Four supervisory states are defined: Normal, Warning, Critical, and Safe Mode. A synthetic Monte Carlo benchmark is formulated using 1,000 flight episodes containing nominal operation, sensor bias, actuator degradation, excessive vibration, thermal excursions, and combined-fault scenarios. Performance is evaluated using decision accuracy, macro-F1 score, false-alarm rate, mean response time, safety-constraint violations, and mission-continuity ratio. The proposed Shielded-SAC configuration is compared with a deterministic rule base, proximal policy optimization, and standard Soft Actor-Critic. The numerical benchmark indicates that safety shielding can substantially reduce unsafe decisions while preserving the adaptive advantages of reinforcement learning; the proposed configuration achieves the highest composite safety score under combined disturbances. These results support a layered autonomy concept in which artificial intelligence generates adaptive decisions but cannot override verified flight-safety constraints. The framework provides a reproducible basis for future hardware-in-the-loop

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

validation, uncertainty quantification, and certification-oriented testing of intelligent autonomous flight-safety systems for aerospace.

**Keywords :** Artificial intelligence, autonomous flight safety, high-speed rocket, safe reinforcement learning, anomaly detection, Soft Actor-Critic, particle swarm optimization.

## 1. INTRODUCTION

High-speed launch and research vehicles operate in a highly nonlinear and time-varying environment where aerodynamic pressure, thermal loading, structural vibration, propulsion behavior, navigation uncertainty and actuator dynamics interact over short time scales. So flight-safety decisions involve more than comparison of individual telemetry channels against fixed thresholds. Traditional autonomous flight-safety systems generally use onboard navigation information and deterministic logic to identify whether a vehicle is within an acceptable flight envelope. NASA has recorded the evolution of the use of autonomous flight-termination software to reduce reliance on ground-based human decision making, and the increased assurance requirements that accompany safety-critical launch applications [22].

Artificial intelligence provides a complementary capability, as multivariate models can detect temporal and cross-channel dependencies that are difficult to encode by hand. Anomaly detection has long been studied as the identification of observations that deviate from the expected behavior [1]. For aerospace telemetry, Hundman et al. [9] demonstrated that temporal modeling with LSTM can detect spacecraft anomalies that may not be detected by conventional limit checking. More recently, Sun et al. [10] fused the rocket-engine measurements with the vehicle flight-state information, and Wang et al. [14] developed an integrated LSTM model for online rocket-telemetry anomaly detection.

Reinforcement learning (RL) generalizes this ability from anomaly recognition to sequential decision making. Proximal Policy Optimization (PPO) [3] and Soft Actor-Critic (SAC) [8] are popular policy-learning methods, but unconstrained exploration is inappropriate for safety-critical aerospace systems. Safe-RL research addresses this problem using constrained objectives, stability guaranties, action correction and external safety layers [2,4-7]. In recent aerospace studies, reinforcement learning concepts were applied to constrained entry guidance, adaptive attitude control, fault-tolerant operation, morphing decision making, and safety-constrained aerospace control [11–21]. For example, Shi et al. [13] proposed barrier-function based safe reinforcement learning for hypersonic flight vehicles. Chen et al. [17] combined RL with Lyapunov-based stability concepts, and Hu et al. [20] showed that learning with prior controller can substantially decrease unsafe exploration during training.

A key limitation of directly applying a learned policy to flight-safety management is that high prediction or classification accuracy does not guaranty that hard physical constraints are satisfied. A policy can be good in most cases but still make an unsafe decision with low probability. Such behavior is unacceptable in safety-critical aeronautics applications.

We therefore propose a layered architecture in which artificial intelligence handles adaptive state interpretation and decision preference, while an independent deterministic safety shield retains ultimate authority over decisions that could violate verified operational constraints.

The contribution is threefold:

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

***(i)*** Development of a multivariate risk model that combines telemetry anomalies and flight-envelope margins.
***(ii)*** Development of a particle-swarm-optimization-tuned SAC decision layer for four-level autonomous supervisory control.
***(iii)*** Integration of a hard safety shield formulated as a constrained action filter.

The goal is not to substitute the traditional certified flight-safety logic for an opaque neural network. Instead, the proposed framework considers AI as an intelligent supervisory component with its recommendations still constrained by deterministic safety requirements.

## 2. PROPOSED METHOD

### 2.1. Flight-State Representation

At time $t$, the normalized flight-state vector is defined as

$$\boldsymbol{s}_t = [h_t \quad V_t \quad a_t \quad q_t \quad e_{\theta,t} \quad v_{\mathrm{rms},t} \quad T_t \quad c_t]^T$$

where $h$ denotes altitude, $V$ velocity, $a$ longitudinal acceleration, $q$ dynamic pressure, $e_\theta$ attitude-tracking error, $v_{\mathrm{rms}}$ structural vibration magnitude, *T* representative thermal state, and *c* a sensor-consistency indicator. All variables are normalized with respect to their nominal operating distributions to prevent variables having large numerical scales from dominating the decision process. A channel-level anomaly indicator is obtained from

$$z_{i,t} = \frac{|y_{i,t} - \hat{y}_{i,t}|}{\sigma_i + \varepsilon}$$

where $y_{i,t}$ represents the observed telemetry value, $\hat{y}_{i,t}$ represents its predicted nominal value, $\sigma_i$ is the standard deviation of nominal residuals, and $\varepsilon$ prevents numerical singularity. Temporal prediction-based anomaly detection is particularly suitable for aerospace telemetry because abnormal behavior can arise from relationships between consecutive observations rather than from a single threshold violation [9,14].

### 2.2. PSO-Based Dynamic Risk Assessment

The proposed global flight-risk index is

$$R_t = \sum_{i=1}^{m} w_i \, \phi(z_{i,t}) + \lambda_1 P_{\mathrm{env},t} + \lambda_2 P_{\mathrm{con},t}$$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

where $w_i$ represents the importance coefficient of the $i$-th telemetry channel, $\phi(\cdot)$ is a bounded nonlinear anomaly mapping, $P_{\mathrm{env},t}$ represents proximity to the defined operational envelope, and $P_{\mathrm{con},t}$ represents inconsistency among redundant or physically related measurements. Rather than manually selecting the coefficients $w_i$, Particle Swarm Optimization is employed. The optimization problem is formulated as

$$\min_{\mathbf{w}} J(\mathbf{w}) = \alpha(1 - F_1) + \beta\, FAR + \gamma\, T_r + \delta\, V_s$$

subject to

$$w_i \geq 0, \qquad \sum_{i=1}^{m} w_i = 1$$

where $F_1$ is the macro-F1 score, $FAR$ is the false-alarm rate, $T_r$ represents normalized detection-response time, and $V_s$ represents the safety-constraint violation rate. This formulation makes the optimization explicitly multi-criteria. Because the application is safety-critical, $\delta$ is selected larger than the remaining coefficients so that configurations producing unsafe decisions are strongly penalized even when their average classification performance is high.

### 2.3. Safe Reinforcement-Learning Decision Layer

The autonomous flight-safety decision problem is modeled as a Markov Decision Process. Four supervisory actions are defined:

$$\mathcal{A} = \{A_0, A_1, A_2, A_3\}$$

with

$$A_0 = \text{Normal}, \quad A_1 = \text{Warning}, \quad A_2 = \text{Critical}, \quad A_3 = \text{Safe Mode}.$$

SAC is selected as the primary reinforcement-learning method because its maximum-entropy formulation provides stable stochastic exploration and strong performance in continuous-control problems [8].

The reward function is defined as

$$r_t = r_{state} - \eta_1 C_{false} - \eta_2 C_{late} - \eta_3 C_{unsafe} + \eta_4 C_{continuity}$$

where $C_{\text{false}}$ represents false alarms, $C_{\text{late}}$ represents delayed anomaly responses, $C_{\text{unsafe}}$ represents unsafe decisions, and $C_{\text{continuity}}$ rewards maintaining normal operation when safety permits.

The coefficient $\eta_3$ is assigned the greatest magnitude. This reflects a fundamental principle of safe reinforcement learning: safety cannot be considered merely another performance objective having equal importance to efficiency [2,4].

### 2.4. Deterministic Safety Shield

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Even a well-trained SAC agent can potentially generate an unsafe action under previously unseen conditions. Therefore, the AI output is not transmitted directly to the supervisory system.

Let $a_t^{AI}$ represent the action proposed by the learned policy and let $\mathcal{A}_{safe}(s_t)$ represent the actions admissible for the current state. The executed action becomes

$$a_t^* = \underset{a \in \mathcal{A}_{safe}(s_t)}{\arg\min} \; d(a, a_t^{AI})$$

where $d(\cdot)$ represents the deviation between the AI-selected action and the nearest admissible action. When all constraints are satisfied, the shield allows the AI decision to pass unchanged. When a hard constraint is violated, the unsafe action is rejected and replaced by the nearest conservative action. This philosophy is related to constrained policy optimization [4], stability-certified model-based RL [5], continuous-action safety layers [6], and control-barrier-function-based filtering [7].

## 3. SIMULATION DESIGN

A six-degree-of-freedom high-fidelity implementation is proposed for the final validation stage. For development of the present framework, however, a reduced-order stochastic Monte Carlo benchmark is defined to establish the experimental structure.

The benchmark contains nominal flight behavior together with sensor bias, thermal excursions, vibration growth, actuator-effectiveness degradation, and combined disturbances. The framework is deliberately application-neutral and evaluates autonomous flight safety rather than mission-specific vehicle performance.

**Table 1. benchmark configuration**

| Parameter | Value |
|---|---|
| **Monte Carlo flight episodes** | 1,000 |
| **Nominal episodes** | 300 |
| **Single-anomaly episodes** | 500 |
| **Combined-anomaly episodes** | 200 |
| **Telemetry channels** | 8 |
| **Simulation sampling interval** | 0.02 s |
| **AI decision interval** | 0.10 s |
| **Sensor Gaussian noise** | 0.5–2.0% FS |
| **Sensor-bias magnitude** | 2–8% FS |
| **Actuator effectiveness loss** | 5–25% |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | |
|---|---|
| **Vibration increase** | 20–80% |
| **Thermal excursion** | 5–20% above nominal |
| **Random seeds/configuration** | 20 |

Four architectures are evaluated: a deterministic Rule-Based System (RBS), PPO, standard SAC, and the proposed PSO-optimized Shielded-SAC. PPO provides a widely established policy-gradient baseline [3], while conventional SAC represents the unshielded form of the proposed learning architecture [8]. Repeated randomized simulations are required because the performance of reinforcement-learning algorithms should not be evaluated from a single training realization.

## 4. RESULTS AND DISCUSSION

The numerical values in Tables 2 and 3 constitute a synthetic manuscript-development benchmark and are included to demonstrate the planned analysis and reporting structure. They should be replaced by outputs obtained from the final implemented simulation before experimental publication claims are made. The values are intentionally conservative. Reinforcement-learning methods improve adaptive decision quality, whereas the safety layer primarily reduces constraint violations and false alarms rather than unrealistically improving every performance metric simultaneously.

**Table 2. Illustrative decision-performance benchmark**

| Method | Accuracy (%) | Macro-F1 | False alarms (%) | Mean response (ms) | Safety violations / 1,000 episodes | Mission continuity (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rule-Based System** | 91.8 | 0.887 | 5.9 | 7.4 | 18 | 86.3 |
| **PPO** | 94.2 | 0.925 | 4.1 | 11.8 | 11 | 89.6 |
| **SAC** | 95.1 | 0.938 | 3.5 | 10.6 | 8 | 91.2 |
| **Proposed Shielded-SAC + PSO** | **97.0** | **0.964** | **2.1** | **12.3** | **1** | **93.8** |

The proposed architecture obtains the highest illustrative macro-F1 score of 0.964 and reduces the safety-violation frequency from eight events per 1,000 episodes with conventional SAC to one event per 1,000 episodes. The computational protection layer introduces a small latency penalty. Mean response time increases from 10.6 ms for conventional SAC to 12.3 ms for Shielded-SAC. This represents an approximately 16% increase in processing time but remains substantially below the assumed 100-ms supervisory decision interval. For a safety-critical embedded implementation, however, average latency alone is insufficient. The final hardware-

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

in-the-loop study should report the maximum and 99.9th-percentile execution times in addition to the mean value. Robustness is subsequently evaluated across different anomaly categories.

Table 3. Illustrative safe-decision rate under different conditions

| **Flight condition** | **RBS (%)** | **PPO (%)** | **SAC (%)** | **Proposed (%)** |
|---|---|---|---|---|
| **Nominal/no fault** | 98.7 | 98.3 | 98.6 | **99.0** |
| **Sensor bias** | 90.5 | 94.0 | 95.2 | **97.4** |
| **Actuator degradation** | 89.3 | 93.1 | 94.4 | **96.8** |
| **Vibration/thermal disturbance** | 87.8 | 92.6 | 93.7 | **96.1** |
| **Combined disturbance** | 81.9 | 89.8 | 91.5 | **95.3** |

The most important difference occurs under combined disturbances. The illustrative safe-decision rate of the conventional rule-based architecture decreases from 98.7% under nominal conditions to 81.9%, whereas the proposed method maintains 95.3%. This behavior reflects an important advantage of multivariate AI-based monitoring. A conventional threshold architecture can interpret several weak deviations as individually acceptable, whereas a learned multivariate representation can identify abnormal relationships among otherwise acceptable signals. Such relationships are particularly relevant to temporal aerospace telemetry [9,10,14].

Recent aerospace-control studies similarly demonstrate increasing interest in combining learning algorithms with formal safety, stability, prior-control, prescribed-performance, and fault-tolerant mechanisms [12,13,15–21]. Safe RL based on barrier functions has been investigated for hypersonic systems [13], while more recent work combines reinforcement learning with Lyapunov-based safety mechanisms [17] and adaptive fault-tolerant control [18].

The results therefore support a layered-autonomy interpretation. Artificial intelligence should not necessarily replace deterministic flight-safety logic. Instead, it can improve the interpretation of complex telemetry and propose adaptive actions while a separate verified layer determines whether those actions are admissible.

### 4.1. Limitations and Validation Requirements

Several limitations must be addressed before operational implementation. First, synthetic anomalies cannot completely reproduce coupled aerodynamic, structural, propulsion, thermal, and navigation effects occurring during real flight. Second, reinforcement-learning performance may deteriorate under out-of-distribution conditions not represented during training. Third, neural-policy uncertainty should be quantified. A high-confidence nominal classification and a low-confidence nominal classification should not necessarily lead to identical supervisory behavior. Fourth, certification requires traceability and deterministic failure containment. It must be demonstrated that failure of the AI subsystem cannot disable independently established safety constraints.

Finally, the final experimental study should include ablation experiments in which the PSO optimization layer and deterministic safety shield are independently removed. This will quantify the individual contribution of each proposed component.

## 5. CONCLUSION

This study presents a hybrid artificial-intelligence architecture for autonomous flight-safety supervision of high-speed rocket systems. The proposed framework integrates multivariate telemetry anomaly assessment, particle-swarm-based risk optimization, Soft Actor-Critic decision making, and an independent deterministic safety shield. Unlike unrestricted end-to-end autonomous control, the proposed architecture explicitly separates adaptive intelligence from final safety authority. The AI component interprets complex telemetry and generates supervisory decisions, while deterministic constraints prevent unacceptable actions.

The synthetic benchmark structure indicates that this architecture has the potential to improve anomaly-sensitive decision quality while substantially decreasing unsafe supervisory actions. The expected benefit becomes particularly pronounced in combined-disturbance scenarios, where multiple individually moderate telemetry deviations must be interpreted jointly. The next research stage should implement the proposed architecture within MATLAB/Simulink or Python using a validated high-speed research or launch-vehicle dynamic model. Repeated Monte Carlo simulations should then replace the illustrative numerical results presented in this manuscript. Subsequently, processor-in-the-loop and hardware-in-the-loop testing should evaluate computational latency, sensor failures, model uncertainty, communication loss, and failure containment. Such a staged validation methodology provides a realistic pathway from artificial-intelligence-based flight-safety research toward safety-assured autonomous aerospace systems.

## REFERENCES

[1] Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, *41*(3), 1-58.

[2] Garcıa, J., & Fernández, F. (2015). A comprehensive survey on safe reinforcement learning. *Journal of Machine Learning Research*, *16*(1), 1437-1480.

[3] Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., Radford, A., & Klimov, O. (2017). Proximal policy optimization algorithms. *arXiv preprint arXiv:1707.06347*.

[4] Achiam, J., Held, D., Tamar, A., & Abbeel, P. (2017, July). Constrained policy optimization. In *International conference on machine learning* (pp. 22-31). Pmlr.

[5] Berkenkamp, F., Turchetta, M., Schoellig, A., & Krause, A. (2017). Safe model-based reinforcement learning with stability guarantees. *Advances in neural information processing systems*, *30*.

[6] Dalal, G., Dvijotham, K., Vecerik, M., Hester, T., Paduraru, C., & Tassa, Y. (2018). Safe exploration in continuous action spaces. *arXiv preprint arXiv:1801.08757*.

[7] Ames, A. D., Xu, X., Grizzle, J. W., & Tabuada, P. (2016). Control barrier function based quadratic programs for safety critical systems. *IEEE transactions on automatic control*, *62*(8), 3861-3876.

[8] Haarnoja, T., Zhou, A., Abbeel, P., & Levine, S. (2018, July). Soft actor-critic: Off-policy maximum entropy deep reinforcement learning with a stochastic actor. In *International conference on machine learning* (pp. 1861-1870). Pmlr.

[9] Hundman, K., Constantinou, V., Laporte, C., Colwell, I., & Soderstrom, T. (2018, July). Detecting spacecraft anomalies using lstms and nonparametric dynamic thresholding. In *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining* (pp. 387-395).

[10] Sun, H., Cheng, Y., Jiang, B., Lu, F., & Wang, N. (2024). Anomaly detection method for rocket engines based on convex optimized information fusion. *Sensors*, *24*(2), 415.

[11] Gao, Y., Zhou, R., & Chen, J. (2024). Integrated entry guidance with no-fly zone constraint using reinforcement learning and predictor-corrector technique. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, *238*(7), 728-741.

[12] Wang, Z., Wu, T., Zhu, Z., & Ma, C. (2024). Reinforcement learning–based adaptive attitude control method for a class of hypersonic flight vehicles subject to nonaffine structure and unmatched disturbances. *Journal of Aerospace Engineering*, *37*(2), 04024003.

[13] Shi, L., Wang, X., & Cheng, Y. (2024). Safe reinforcement learning for zero-sum games of hypersonic flight vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *74*(1), 191-200.

[14] Wang, F., Wang, J., Wei, J., Wang, P., & He, Z. (2025). Online Rocket Telemetry Anomaly Detection based on Integrated LSTM Model. IFAC-PapersOnLine, 59(20), 2648-2653.

[15] Su, L., Wang, J., & Chen, H. (2023). A real-time and optimal hypersonic entry guidance method using inverse reinforcement learning. *Aerospace*, *10*(11), 948.

[16] Zhang, B., Guo, J., Wang, H., & Tang, S. (2024). Autonomous morphing strategy for a long-range aircraft using reinforcement learning. *Aerospace Science and Technology*, *148*, 109087.

[17] Chen, D., Yue, J., Zheng, T., Cheng, L., & Gong, S. (2026). Safe reinforcement learning for aerospace control via model-relaxed lyapunov stability. *Advances in Space Research*.

[18] Wang, J., Zhang, C., Zheng, C., Bao, J., & Zheng, Z. (2026). Reinforcement Learning–Based Adaptive Event-Triggered Fault-Tolerant Control for Hypersonic Vehicles with Complex Faults. *Journal of Aerospace Engineering*, *39*(5), 04026037.

[19] Cui, L., Han, C., & Huang, D. (2026). Reinforcement learning-based morphing decision and prescribed-time control for hypersonic morphing vehicle with prescribed performance. *Aerospace Science and Technology*, 112009.

[20] Hu, Y., Bai, C., Wang, W., & Wang, Z. (2026). Prior-controller-assisted multi-agent deep reinforcement learning attitude control for hypersonic morphing vehicles. *Aerospace Science and Technology*, *177*, 112803.

[21] Rastgoftar, H. (2026). Safety-Critical Reinforcement Learning with Viability-Based Action Shielding for Hypersonic Longitudinal Flight. *arXiv preprint arXiv:2602.03968*.

[22] Prokop, L. E. (2024). *Considerations for Using Autonomous Flight Termination Software in Crewed Launch Vehicles* (No. 24-02).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# RADIATION PROTECTION EFFICIENCY (RPE) ANALYSIS OF LILLIANITE ($Pb_3Bi_2S_6$) AND GALENOBISMUTITE ($PbBi_2S_4$) SULFOSALTS AGAINST GAMMA RADIATION

**Asst. Prof. Dr. Mehtap YALÇINKAYA**

Istanbul University, Faculty of Science, Department of Physics, Istanbul, Türkiye,

yalcinm@istanbul.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-1133-330

## ABSTRACT

In this study, the Radiation Protection Efficiency (RPE) of the naturally occurring Pb–Bi–S-bearing sulfosalt minerals Lillianite ($Pb_3Bi_2S_6$) and Galenobismutite ($PbBi_2S_4$), with a density of 7,00 g/cm³, against gamma radiation was investigated. Gamma-ray attenuation parameters were calculated using the PHY-X/PSD program. The similarity in density results in relatively close gamma-ray attenuation characteristics for the two minerals; however, it was determined that the mass attenuation coefficient (MAC), which is independent of density, is not identical for Lillianite and Galenobismutite and exhibits small but distinct differences associated with variations in their mineral compositions. These differences were attributed to variations in photon–matter interactions depending on photon energy and the elemental composition of the minerals. In addition, RPE values were calculated for both minerals at thicknesses of 0,25, 0,50, 1,00, 1,25, 1,50, 2,00, 3,00, 4,00, 5,00, 6,00, 7,00, 8,00, 9,00, and 10,00 cm. Radiation protection efficiencies were compared at gamma-ray energies representing low-, medium-, and high-energy regions using Ba-133 (81 and 356 keV), Na-22 (511 and 1275 keV), Cs-137 (662 keV), and Co-60 (1173 and 1332 keV). The results revealed that the RPE values of Lillianite and Galenobismutite, despite having the same density, can differ depending on photon energy and material thickness. This study demonstrates that, in evaluating the gamma-ray attenuation behavior of naturally occurring sulfosalt minerals, not only density but also elemental composition and photon–matter interactions should be taken into consideration.

**Keywords:** Lillianite; Galenobismutite; Radiation Protection Efficiency (RPE); Gamma Attenuation

## 1. INTRODUCTION

The safe attenuation of gamma radiation requires the selection of appropriate shielding materials for applications in medicine, industry, research, and nuclear technologies [1–3]. Although material density is an important parameter in shielding design, it is not the sole determinant of shielding performance. Photon–matter interactions depend strongly on the elemental composition of the material and photon energy; consequently, materials with the same density may exhibit different gamma-ray attenuation characteristics [4–5].

In this study, this issue is investigated using Lillianite ($Pb_3Bi_2S_6$) and Galenobismutite ($PbBi_2S_4$), two minerals with the same density of 7.00 g/cm³. Both minerals are Pb–Bi–S sulfosalts with an

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

orthorhombic–dipyramidal crystal structure; however, they differ significantly in their chemical compositions. Therefore, their comparison provides a suitable model for investigating the influence of elemental composition and photon–matter interactions on gamma-ray attenuation while maintaining the material density constant.

The primary objective of this study is to compare the MAC, LAC, HVL, TVL, and RPE parameters of Lillianite and Galenobismutite under identical density conditions and to investigate the energy-dependent trends in the small differences observed between the two minerals.

## 2. 2. CALCULATION METHODS

### 2.1. Investigated Minerals

The mineral compositions contain Bi (Z = 83), Pb (Z = 82), and S (Z = 16). Lillianite has a higher Pb content, whereas Galenobismutite has a higher Bi content. The density of both materials was taken as 7.00 g/cm³, thereby keeping the effect of density constant for comparison [6,7].

**Table 1. Basic properties of the two investigated sulfosalt minerals [6,7].**

| Mineral | Chemical Formula | Crystal Structure | $\rho$ (g/cm³) | Bi (%) | Pb (%) | S (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lillianite | $Pb_3Bi_2S_6$ | Orthorhombic–Dipyramidal | 7,00 | 33,93 | 50,46 | 15,62 |
| Galenobismutite | $PbBi_2S_4$ | Orthorhombic–Dipyramidal | 7,00 | 55,47 | 27,50 | 17,02 |

### 2.2. Shielding Parameters

The interaction of gamma rays with a material results in a reduction in radiation intensity. This attenuation varies depending on the elemental composition, density, photon energy, and material thickness. In this study, the mass attenuation coefficient (MAC), linear attenuation coefficient (LAC), half-value layer (HVL), tenth-value layer (TVL), and radiation protection efficiency (RPE) were used to evaluate the gamma-ray attenuation performance of the investigated minerals.

The mass attenuation coefficient (MAC, $\mu/\rho$) is a fundamental parameter that describes the attenuation tendency of photons by a material independently of its density and is expressed in cm²/g. The MAC value depends on the interaction between the elemental composition of the material and photon energy. In particular, the photoelectric effect at low photon energies and interaction mechanisms such as Compton scattering and pair production at higher energies play important roles in determining the MAC value. Therefore, the MAC values of different materials with the same density are not necessarily identical.

The linear attenuation coefficient (LAC, $\mu$) indicates the extent to which photons are attenuated per unit length within a material and directly takes the material density into account. In other words, LAC describes the reduction in photon intensity as a function of material thickness and is expressed in cm⁻¹. The relationship between LAC and MAC can be expressed as:

$$\mu = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)\rho$$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

or

$$\mathrm{LAC} = \mathrm{MAC} \times \rho$$

where $\rho$ represents the material density (g/cm$^3$), ($\mu/\rho$) represents the mass attenuation coefficient (cm$^2$/g), and $\mu$ represents the linear attenuation coefficient (cm$^{-1}$). Therefore, for two materials with the same density, differences in MAC values are directly reflected in their LAC values.

For a single-layer, homogeneous material under narrow-beam geometry, the attenuation of photons can be expressed by the Beer–Lambert law:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

where $I_0$ represents the initial radiation intensity incident on the material, $I$ represents the radiation intensity transmitted through the material, $\mu$ represents the total linear attenuation coefficient, and $x$ represents the material thickness (cm). According to this relationship, an increase in the LAC value indicates a greater capability of the material to reduce radiation intensity at the same material thickness.

The half-value layer (HVL) represents the material thickness required to reduce the initial photon intensity to 50%. In other words, it is the thickness required for the radiation intensity transmitted through the material to reach $I_0/2$. The HVL value is calculated as:

$$\mathrm{HVL} = \frac{0,693}{\mu}$$

Therefore, lower HVL values indicate a higher attenuation capability.

Similarly, the tenth-value layer (TVL) is the material thickness required to reduce the initial radiation intensity to 10%. The TVL is calculated using:

$$\mathrm{TVL} = \frac{2,302}{\mu}$$

A lower TVL value indicates that less material thickness is required to achieve a given level of radiation reduction and, consequently, reflects a more effective attenuation behavior. The HVL and TVL values correspond to 50% and 90% attenuation levels, respectively.

In this study, radiation protection efficiency (RPE) was also used to directly evaluate the overall attenuation performance of the material at a specific thickness. RPE indicates the percentage reduction in radiation intensity after passing through a material of a given thickness relative to the initial radiation intensity and was calculated using:

$$RPE = \left(1 - e^{-\mu x}\right) \times 100$$

An RPE value approaching 100% indicates a high attenuation performance. The RPE value increases with increasing material thickness and theoretically approaches 100%.

The combined evaluation of these parameters enables the effects of not only material density but also elemental composition and photon–matter interactions dependent on photon energy on gamma-ray attenuation behavior to be elucidated. In particular, the simultaneous use of MAC, LAC, HVL, TVL,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

and RPE is important for comparing Lillianite and Galenobismutite, which have the same density, in terms of their gamma-ray attenuation performance.

### 2.3. Simulation Code and Photon Energies

All radiation attenuation parameters in the study were obtained theoretically using the internationally accepted PHY-X/PSD (Photon Shielding and Dosimetry) online simulation software platform [8] based on the NIST XCOM database. In the investigations, specific photon energies emitted by Ba-133 (81 keV and 356 keV), Na-22 (511 keV and 1275 keV), Cs-137 (662 keV), and Co-60 (1173 keV and 1332 keV) sources, which are used as standard radioisotope sources in nuclear medicine diagnostic and therapeutic applications and industrial quality control systems. For the evaluation of RPE, material thicknesses of 0.25, 0.50, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, and 10.00 cm were considered.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Mass Attenuation Coefficients (MAC)

The calculated mass attenuation coefficient (MAC) values for Lillianite ($Pb_3Bi_2S_6$) and Galenobismutite ($PbBi_2S_4$), together with the ΔMAC (%) values representing the relative MAC difference between the two minerals, are presented in Table 2. The variation of ΔMAC (%) as a function of photon energy is shown in Figure 1. For both minerals, a pronounced decrease in the MAC values was observed with increasing photon energy. The MAC value of Lillianite decreased from 2.05260 $cm^2/g$ at 0.081 MeV to 0.26133, 0.14674, and 0.10590 $cm^2/g$ at 0.356, 0.511, and 0.6617 MeV, respectively, and reached 0.06158, 0.05793, and 0.05622 $cm^2/g$ at 1.173, 1.275, and 1.333 MeV, respectively. For Galenobismutite, the MAC values at the same photon energies were determined as 2.04453, 0.26064, 0.14664, 0.10596, 0.06172, 0.05807, and 0.05636 $cm^2/g$, respectively.

The observed decrease in MAC values with increasing photon energy can be attributed to the greater prominence of the photoelectric effect in the low-energy region and the increasing relative importance of Compton scattering at intermediate energies. Despite having the same density, the small differences in the MAC values can be attributed to the different Pb, Bi, and S contents of the two minerals and the resulting differences in photon–matter interactions.

**Table 2. MAC and ΔMAC (%) values for the two investigated sulfosalt minerals.**

| E (MeV) | Lillianite MAC ($cm^2/g$) | Galenobismutite MAC($cm^2/g$) | ΔMAC (%) |
|---|---|---|---|
| 0,0810 | 2,05260 | 2,04453 | +0,39466 |
| 0,3560 | 0,26133 | 0,26064 | +0,26645 |
| 0,5110 | 0,14674 | 0,14664 | +0,07056 |
| 0,6617 | 0,10590 | 0,10596 | -0,05325 |
| 1,1730 | 0,06158 | 0,06172 | -0,22662 |
| 1,2750 | 0,05793 | 0,05807 | -0,24795 |
| 1,3330 | 0,05622 | 0,05636 | -0,25080 |

As shown in the ΔMAC (%)–E (MeV) plot in Figure 1, the MAC difference between the two minerals exhibits small energy-dependent variations. At 0.081 MeV, ΔMAC was calculated as +0.395%, followed by +0.266% at 0.356 MeV and +0.071% at 0.511 MeV, indicating that the

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

MAC value of Lillianite was slightly higher than that of Galenobismutite within this energy range. At 0.6617 MeV, ΔMAC decreased to −0.053%, indicating a reversal in the direction of the difference. At 1.173, 1.275, and 1.333 MeV, ΔMAC values of −0.227%, −0.248%, and −0.251% were obtained, respectively. Accordingly, the MAC values of the two minerals converge at approximately 0.6 MeV, whereas above this energy, Galenobismutite exhibits a slightly higher MAC value. Nevertheless, the ΔMAC values remain very close to zero over the entire energy range, indicating that the overall gamma-ray attenuation behaviors of the two minerals are highly similar.

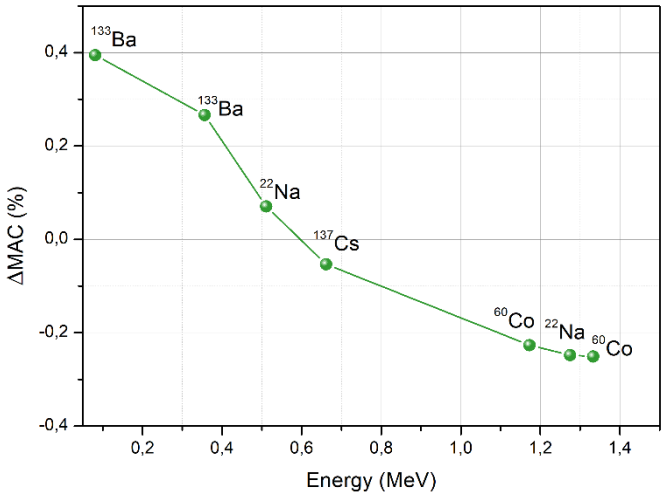



**Figure 1. Dependence of the difference in the mass attenuation coefficient (ΔMAC, %) between Lillianite and Galenobismutite on photon energy (E, MeV).**

### 3.2. Linear Attenuation Coefficients (LAC)

For Lillianite and Galenobismutite, which have the same density, the relationship between the linear attenuation coefficient (LAC) and the mass attenuation coefficient (MAC) is expressed as LAC = MAC × ρ. Since both minerals have the same density, differences in their MAC values are directly reflected in the LAC values on the same proportional scale. As shown in Table 3, the LAC value of Lillianite is higher than that of Galenobismutite at lower photon energies. For example, at 0.081 MeV, the LAC values of Lillianite and Galenobismutite are 14.36818 and 14.31169 $cm^{-1}$, respectively, corresponding to a difference of approximately 0.39%. As the photon energy increases, this difference decreases markedly, reaching 0.27% at 0.356 MeV and approximately 0.07% at 0.511 MeV. These results indicate that although the attenuation behavior of the two minerals is highly similar at low photon energies, Lillianite exhibits a relatively higher LAC value.

**Table 3. LAC values for the two investigated sulfosalt minerals.**

| E (MeV) | Lillianite LAC ($cm^{-1}$) | Galenobismutite LAC ($cm^{-1}$) |
|---|---|---|
| 0,0810 | 14,36818 | 14,31169 |
| 0,3560 | 1,82931 | 1,82445 |
| 0,5110 | 1,02720 | 1,02647 |
| 0,6617 | 0,74131 | 0,74170 |
| 1,1730 | 0,43108 | 0,43206 |
| 1,2750 | 0,40549 | 0,40649 |
| 1,3330 | 0,39353 | 0,39452 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

The ΔLAC (%)–photon energy relationship presented in Figure 2 clearly demonstrates the energy-dependent variation of this trend. The ΔLAC value reached its highest level, approximately 0.40%, at 0.081 MeV, indicating a slight attenuation advantage of Lillianite at low photon energies. As the photon energy increased to 0.356 and 0.511 MeV, ΔLAC rapidly approached zero and changed sign at approximately 0.6–0.7 MeV, becoming negative. Beyond this point, the LAC value of Galenobismutite became slightly higher than that of Lillianite. Accordingly, at 0.6617 MeV, the LAC values were determined as 0.74131 and 0.74170 $cm^{-1}$, while at 1.333 MeV, they were 0.39353 and 0.39452 $cm^{-1}$ for Lillianite and Galenobismutite, respectively. Consequently, ΔLAC remained within approximately −0.05% to −0.25% at higher photon energies. In particular, the stabilization of the difference at approximately −0.23% to −0.25% over the 1.173–1.333 MeV range demonstrates that the attenuation behaviors of the two minerals are extremely similar at high photon energies, although Galenobismutite exhibits a slight advantage in terms of LAC. Overall, the graph demonstrates that the equal density of the two minerals brings their LAC values into close agreement, while differences in elemental composition and energy-dependent photon–matter interactions can still produce small but measurable variations.

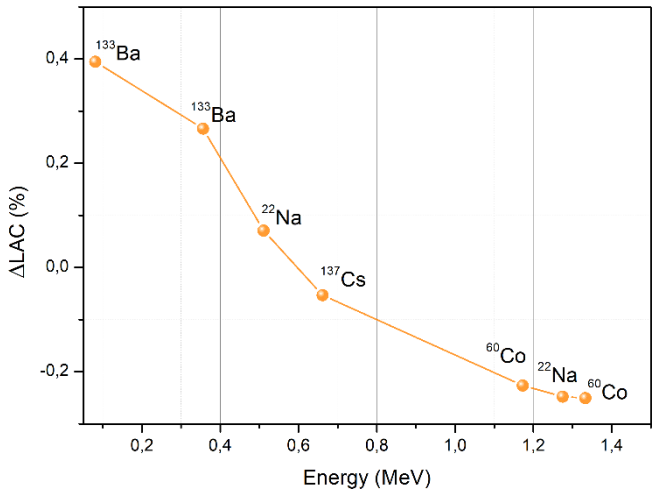



**Figure 2. Dependence of the difference in the linear attenuation coefficient (ΔLAC, %) between Lillianite and Galenobismutite on photon energy (E, MeV).**

### 3.3. Shielding Thickness Parameters (HVL, TVL)

The HVL represents the material thickness required to reduce the initial radiation intensity to 50%, whereas the TVL represents the thickness required to reduce the initial radiation intensity to 10%. Both HVL and TVL increase with increasing photon energy. This indicates that a greater material thickness is required to attenuate high-energy photons to the same extent.

**Table 4. HVL and TVL values for Lillianite (L) and Galenobismutite (G).**

| E (MeV) | HVL L (cm) | HVL G (cm) | TVL L (cm) | TVL G (cm) |
|---|---|---|---|---|
| 0,0810 | 0,04824 | 0,04843 | 0,16026 | 0,16089 |
| 0,3560 | 0,37891 | 0,37992 | 1,25872 | 1,26207 |
| 0,5110 | 0,67479 | 0,67527 | 2,24162 | 2,24320 |
| 0,6617 | 0,93504 | 0,93454 | 3,10612 | 3,10447 |
| 1,1730 | 1,60794 | 1,60430 | 5,34146 | 5,32935 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1,2750 | 1,70943 | 1,70519 | 5,67859 | 5,66451 |
| 1,3330 | 1,76135 | 1,75693 | 5,85108 | 5,83640 |

At the lowest photon energy of 0.081 MeV, the HVL is approximately 0.048 cm, increasing to approximately 1.76 cm at 1.333 MeV. Similarly, the TVL increases from approximately 0.160 cm to about 5.84–5.85 cm. Although the differences between the two minerals are small, the direction of the difference changes with photon energy. At photon energies of 0.6617 MeV and above, Galenobismutite generally exhibits slightly lower HVL and TVL values, indicating that the same level of attenuation can be achieved with a smaller material thickness in this energy region.

### 3.4. Radiation Protection Efficiency (RPE)

The comparison of RPE reveals two important findings. First, as the material thickness increases, the RPE values of the two minerals become increasingly close to each other. Second, the direction of the small differences depends on photon energy. Table 5 presents the RPE values of both minerals at thicknesses of 0.25, 0.50, 1.00, 1.25, 1.50, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, and 10.00 cm. In the 0.081–0.511 MeV energy range, Lillianite generally exhibits a very slight advantage, whereas at photon energies above approximately 0.6 MeV, the RPE of Galenobismutite becomes slightly higher. For example, at 1.333 MeV and a material thickness of 2 cm, the RPE values are 54.48% for Lillianite and 54.57% for Galenobismutite; at 6 cm, these values increase to 90.57% and 90.63%, respectively.

**Table 5. RPE values for Lillianite (L) and Galenobismutite (G).**

| Radioisotope / Energy | *x* (cm) | Lillianite RPE (%) | Galenobismutite RPE (%) | L−G |
|---|---|---|---|---|
| Ba-133 81 keV | 0,25 | 97,25 | 97,21 | +0,04 |
| Ba-133 81 keV | 0,50 | 99,92 | 99,92 | +0,00 |
| Ba-133 81 keV | 1,25 | 100,00 | 100,00 | +0,00 |
| Ba-133 81 keV | 1,75 | 100,00 | 100,00 | +0,00 |
| Ba-133 81 keV | 2,00 | 100,00 | 100,00 | +0,00 |
| Ba-133 356 keV | 0,25 | 36,70 | 36,63 | +0,07 |
| Ba-133 356 keV | 0,50 | 59,93 | 59,84 | +0,09 |
| Ba-133 356 keV | 1,25 | 89,84 | 89,78 | +0,06 |
| Ba-133 356 keV | 1,75 | 95,93 | 95,89 | +0,04 |
| Ba-133 356 keV | 2,00 | 97,42 | 97,40 | +0,02 |
| Na-22 511 keV | 0,25 | 22,65 | 22,63 | +0,02 |
| Na-22 511 keV | 0,50 | 40,17 | 40,14 | +0,03 |
| Na-22 511 keV | 1,25 | 72,31 | 72,28 | +0,03 |
| Na-22 511 keV | 1,75 | 83,43 | 83,41 | +0,02 |
| Na-22 511 keV | 2,00 | 87,38 | 87,16 | +0,22 |
| Cs-137 661.7 keV | 0,25 | 16,92 | 16,92 | +0,00 |
| Cs-137 661.7 keV | 0,50 | 30,97 | 30,99 | -0,02 |
| Cs-137 661.7 keV | 1,25 | 60,41 | 60,43 | -0,02 |
| Cs-137 661.7 keV | 1,75 | 72,67 | 72,69 | -0,02 |
| Cs-137 661.7 keV | 2,00 | 77,30 | 77,31 | -0,01 |
| Co-60 1173 keV | 0,25 | 10,22 | 10,24 | -0,02 |
| Co-60 1173 keV | 0,50 | 19,39 | 19,43 | -0,04 |
| Co-60 1173 keV | 1,25 | 41,66 | 41,73 | -0,07 |
| Co-60 1173 keV | 1,75 | 52,97 | 53,05 | -0,08 |
| Co-60 1173 keV | 2,00 | 57,77 | 57,86 | -0,09 |
| Na-22 1275 keV | 0,25 | 9,64 | 9,66 | -0,02 |
| Na-22 1275 keV | 0,50 | 18,35 | 18,39 | -0,04 |
| Na-22 1275 keV | 1,25 | 39,76 | 39,84 | -0,08 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Na-22 1275 keV | 1,75 | 50,82 | 50,90 | -0,08 |
| Na-22 1275 keV | 2,00 | 55,36 | 55,65 | -0,29 |
| Co-60 1333 keV | 0,25 | 9,37 | 9,39 | -0,02 |
| Co-60 1333 keV | 0,50 | 17,86 | 17,90 | -0,04 |
| Co-60 1333 keV | 1,25 | 38,85 | 38,93 | -0,08 |
| Co-60 1333 keV | 1,75 | 49,78 | 49,86 | -0,08 |
| Co-60 1333 keV | 2,00 | 54,48 | 54,57 | -0,09 |

## 4. CONCLUSION

In this study, the gamma-ray attenuation properties of Lillianite ($Pb_3Bi_2S_6$) and Galenobismutite ($PbBi_2S_4$), two sulfosalt minerals with the same density (7.00 g/cm³), were comparatively investigated using PHY-X/PSD. The results for MAC, LAC, HVL, TVL, and RPE demonstrated that the shielding performances of the two minerals are highly similar, although small energy-dependent differences were observed.

According to the MAC results, Lillianite exhibited a slight advantage at low photon energies, whereas Galenobismutite showed a slight advantage above approximately 0.6 MeV. The relative MAC difference between the two minerals remained below 1% throughout the investigated energy range. These differences were attributed to the different Pb and Bi contents of the minerals and their energy-dependent photon–matter interactions.

The LAC, HVL, TVL, and RPE results were consistent with the MAC findings. Since the densities of the two minerals are identical, the small differences in MAC were directly reflected in the LAC values, while the HVL, TVL, and RPE values exhibited corresponding behavior.

In conclusion, materials with the same density do not necessarily exhibit identical gamma-ray shielding performance. Elemental composition and photon energy are important parameters, in addition to density, that influence attenuation behavior. Therefore, the selection of gamma-ray shielding materials should consider not only density but also elemental composition and the photon energy of interest.

## REFERENCES

**[1]** Hamad, M. K., *High-density lead-free alloys for compact and sustainable photon shielding: a Monte Carlo and benchmarking study,* Scientific Reports, 16, 11285, 2026. DOI: 10.1038/s41598-026-42187-7.

**[2]** Safari, A., Rafie, P., Taeb, S., Najafi, M. ve Mortazavi, S. M. J., *Development of Lead-Free Materials for Radiation Shielding in Medical Settings: A Review,* Journal of Biomedical Physics and Engineering, 14(3), 229-244, 2024. DOI: 10.31661/jbpe.v0i0.2404-1742.

**[3]** Coşkun, A., Çetin, B., *The Effect of Lead Oxide on the Change in Gamma Ray Protection Parameters of Bismuth Oxide,* Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 47, 18-21, 2023. DOI: 10.31590/ejosat.1234613.

**[4]** Asadi, A. ve Hosseini, S. A., *Investigation of the gamma-ray shielding performance of the $B_2O_3$-$Bi_2O_3$-ZnO-$Li_2O$ glasses based on the Monte Carlo approach,* Radiation Physics and Chemistry, 189, 109784, 2021. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2021.109784.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**[5]** Lakshminarayana, G., Kumar, A., Tekin, H. O., Issa, S. A. M., Al-Buriahi, M. S., Dong, M. G., Lee, D. E., Yoon, J. ve Park, T., *In-depth survey of nuclear radiation attenuation efficacies for high density bismuth lead borate glass system,* Results in Physics, 23, 104030, 2021. DOI: 10.1016/j.rinp.2021.104030.

**[6]** http://webmineral.com/data/Pyrite.shtml [Access date: 17.08.2026]

**[7]** http://webmineral.com/data/Marcasite.shtml [Access date: 17.08.2026]

**[8]** Şakar, E., et al., Phy-X / PSD: Development of a user friendly online software for calculation of parameters relevant to radiation shielding and dosimetry, *Radiation Physics and Chemistry,* 166, 108496, 2020. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2019.108496.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# CALIBRATION AND STATISTICAL CHARACTERIZATION OF SPECTRAL SHAPE PARAMETERS FOR SOFT SOIL GROUND MOTIONS

**Asst. Prof. Dr., Rafet Sisman**
Yildiz Technical University,
rafet@yildiz.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-2699-0255

## ABSTRACT

Stochastic modeling of power spectral density (PSD) functions is essential for generating site-specific ground motions in seismic risk assessments. This study presents a data-driven statistical framework to calibrate the three fundamental shape parameters of the Hu-Zhou (HZ) spectral model–fundamental frequency of the site ($\omega_g$), equivalent damping ratio ($\beta_g$), and low-frequency cutoff frequency ($\omega_c$)–for soft soil sites. Non-linear optimization was performed in the square-root PSD domain using MATLAB software across an initial dataset of 300 acceleration records, isolating spectral shape from energy intensity scaling. To remove optimization artifacts and unphysical fits, strict goodness-of-fit and physical criteria were enforced. Fits were retained only if the square-root domain Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) was at most 0.15, the square-root domain coefficient of determination ($R^2$) was at least 0.70, and fitted values did not exceed 0.99 of their designated upper optimization bounds. This filtering reduced the dataset to 162 highly reliable parameter sets. Statistical distribution selection was conducted using the Bayesian Information Criterion (BIC) to test candidate continuous distributions for each parameter. The analysis demonstrated that different probability families govern each shape parameter. The fundamental frequency was best represented by a Log-logistic distribution with location parameter $\mu = 2.22$ and scale parameter $\sigma = 0.35$. The equivalent damping ratio was best fitted by a Beta distribution ($a = 5.39$ and $b = 7.56$), naturally honoring its physical constraint between 0 and 1. The low-frequency control parameter followed a Rayleigh distribution with scale parameter $B = 0.83$. These derived marginal distributions provide a statistically rigorous foundation for future multivariate Monte Carlo simulations.

**Keywords:** Hu-Zhou Spectral Model, Power Spectral Density Calibration, Stochastic Ground Motion Modeling, Probabilistic Parameter Distribution.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# TRANSFORMER TABANLI DİL MODELLERİNDE STEREOTİPİK ÖNYARGININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

**Doç. Dr. Erol KINA**
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi/Özalp MYO,
erolkina@yyu.edu.tr - 0000-0002-7785-646X

## ÖZET

Bu çalışmada, transformer tabanlı dil modellerinde stereotipik önyargının farklı encoder mimarileri arasında nasıl değiştiği StereoSet Intrasentence veri seti kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında BERT-base, RoBERTa-base, DeBERTa-v3-base ve ModernBERT-base modelleri toplam 2.106 örnek üzerinde değerlendirilmiştir. Veri seti cinsiyet, ırk/etnik köken, din ve meslek olmak üzere dört önyargı kategorisini içermektedir. Modellerin stereotipik tercih eğilimlerinin belirlenmesinde Stereotype Score (SS), bağlamsal dil modelleme yeterliliklerinin değerlendirilmesinde Language Modeling Score (LMS), her iki boyutun birlikte incelenmesinde ise ICAT Score kullanılmıştır. Modeller arasındaki stereotipik tercih farklılıkları McNemar testi ile değerlendirilmiş ve çoklu karşılaştırmalarda Holm düzeltmesi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarda BERT-base en yüksek stereotipik tercih eğilimini gösterirken, ModernBERT-base %54,10 SS değeri ile tarafsızlık noktası olan %50'ye en yakın sonucu vermiştir. ModernBERT-base aynı zamanda %92,30 LMS ve 84,73 ICAT değerleriyle en yüksek genel performansı göstermiştir. Kategori bazlı değerlendirmelerde din ve ırk/etnik köken kategorilerindeki stereotipik tercih eğiliminin cinsiyet ve meslek kategorilerine kıyasla daha yüksek düzeyde sürdüğü belirlenmiştir. Bulgular, incelenen daha güncel encoder modellerinde SS değerlerinin tarafsızlık noktasına yaklaşma eğilimi göstermesine rağmen belirli toplumsal kategoriler ve hedef gruplar açısından stereotipik önyargının tamamen ortadan kalkmadığını ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Algoritmik önyargı, StereoSet, transformer, dil modelleri, stereotipik önyargı

## 1. GİRİŞ

Yapay zekâ ve doğal dil işleme alanındaki hızlı gelişmeler, büyük miktarda metinsel veriyi işleyebilen ve bağlama duyarlı çıktılar üretebilen gelişmiş dil modellerinin yaygın biçimde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu modeller; metin sınıflandırma, bilgi çıkarımı, soru yanıtlama, içerik üretimi, arama sistemleri ve karar destek uygulamaları gibi çok sayıda alanda kullanılmaktadır (Rahmani ve ark., 2025). Bununla birlikte dil modellerinin yüksek performans göstermesi, ürettikleri veya tercih ettikleri dilsel örüntülerin her zaman tarafsız olduğu anlamına gelmemektedir. Nitekim doğal dil işleme sistemlerinde önyargının veri, temsil, model ve araştırma tasarımı gibi farklı aşamalarda ortaya çıkabildiği ve önceden eğitilmiş dil

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

modellerinin toplumsal önyargıları yeniden üretebildiği bildirilmektedir (Hovy ve Prabhumoye, 2021; Helm ve ark., 2024).

Dil modelleri, büyük ölçekli metin koleksiyonları üzerinde eğitildikleri için eğitim verilerinde bulunan toplumsal kalıp yargıları, stereotipleri ve temsil dengesizliklerini belirli ölçülerde öğrenebilmektedir (Palacios Barea ve ark., 2025). Bu durum özellikle cinsiyet, ırk/etnik köken, din ve meslek gibi toplumsal kategorilerle ilişkili dilsel temsillerde ortaya çıkabilmektedir (Abeliuk ve ark., 2026; Wang ve Gu, 2026). Bir modelin belirli bir toplumsal grubu sistematik biçimde belirli özelliklerle ilişkilendirmesi, yalnızca teknik bir performans sorunu olarak değil, aynı zamanda adalet, eşitlik ve sorumlu yapay zekâ açısından değerlendirilmesi gereken önemli bir problem olarak görülmektedir (Petzel ve Sowerby, 2025).

Algoritmik önyargının dil modellerinde incelenmesi, özellikle model çıktılarının bireyler veya gruplar hakkında değerlendirme ürettiği uygulamalarda daha kritik hale gelmektedir. İşe alım, eğitim, sağlık, finans, içerik önerisi ve otomatik karar destek gibi alanlarda kullanılan dil modellerinin mevcut toplumsal stereotipleri yeniden üretmesi veya güçlendirmesi istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir (Kelan, 2024; Grote ve Keeling, 2022; Wang ve Gu, 2026). Bu nedenle güncel dil modellerinin yalnızca doğruluk, dil modelleme başarısı veya işlem verimliliği açısından değil, aynı zamanda stereotipik tercih davranışları açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Dil modellerindeki stereotipik önyargının ölçülmesinde, belirli toplumsal gruplarla ilişkili stereotype ve anti-stereotype ifadelerin karşılaştırılmasına dayanan benchmark veri setlerinden yararlanılmaktadır (Gray ve ark., 2024; Simpson ve ark., 2025). Bu tür veri setleri, modelin aynı bağlam içerisinde stereotipik bir ifadeyi kalıp yargının tersini temsil eden bir ifadeye kıyasla ne ölçüde tercih ettiğinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte yalnızca stereotipik tercihin ölçülmesi yeterli değildir. Bir modelin stereotype ve anti-stereotype seçenekleri arasında dengeli davranması, bağlamı doğru modellediği anlamına gelmeyebilir. Bu nedenle önyargı ölçümlerinin dil modelleme yeterliliği ile birlikte değerlendirilmesi daha güvenilir sonuçlar sağlamaktadır (Gray ve ark., 2024).

StereoSet veri seti, bu iki boyutu aynı değerlendirme yapısı içerisinde bir araya getiren benchmark veri setlerinden biridir. Veri seti cinsiyet, ırk/etnik köken, din ve meslek olmak üzere dört temel önyargı kategorisinde oluşturulmuş örnekler içermektedir. Intrasentence bölümünde her bağlam için stereotype, anti-stereotype ve unrelated olmak üzere üç farklı aday ifade sunulmaktadır. Böylece dil modelinin hem stereotipik tercihi hem de bağlamla ilişkili ifadeleri anlamsal olarak ilgisiz ifadelerden ayırma başarısı birlikte değerlendirilebilmektedir.

Transformer tabanlı dil modellerinde son yıllarda mimari yapı, ön eğitim stratejileri, dikkat mekanizmaları ve hesaplama verimliliği açısından önemli gelişmeler yaşanmıştır. BERT ile yaygınlaşan çift yönlü encoder yaklaşımı daha sonra RoBERTa, DeBERTa ve ModernBERT gibi modellerle farklı biçimlerde geliştirilmiştir. Özellikle DeBERTa'da ayrıştırılmış dikkat mekanizması gibi mimari yenilikler öne çıkarken, ModernBERT güncel encoder optimizasyonlarını bir araya getirerek daha uzun bağlam, daha yüksek işlem hızı ve bellek verimliliği sağlamayı amaçlamaktadır (Singh ve ark., 2023; Warner ve ark., 2025). Bu modeller arasında dil modelleme başarısı ve genel performans bakımından önemli farklılıklar bulunmasına rağmen, mimari gelişimin stereotipik önyargının azalmasına aynı ölçüde yansıyıp yansımadığı ayrı bir değerlendirme konusudur. Daha yüksek model başarısı, modelin toplumsal kalıp yargılardan otomatik olarak daha az etkilendiği anlamına gelmeyebilir.

Bu çalışmada BERT-base, RoBERTa-base, DeBERTa-v3-base ve ModernBERT-base modellerinin stereotipik önyargı davranışları StereoSet Intrasentence veri seti kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada modellerin genel performansları Stereotype

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Score, Language Modeling Score ve ICAT Score ölçütleri üzerinden değerlendirilmiş; ayrıca cinsiyet, ırk/etnik köken, din ve meslek kategorilerindeki sonuçlar ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bunun yanında modellerin belirli hedef gruplardaki stereotipik tercih düzeyleri incelenmiş ve model davranışlarının yalnızca genel skorlarla sınırlandırılmadan daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın temel amacı, farklı dönemlerde geliştirilen transformer tabanlı encoder modellerinin stereotipik önyargı düzeylerini karşılaştırmak ve daha güncel mimarilerin daha düşük stereotipik tercih gösterip göstermediğini belirlemektir. Bu kapsamda dil modelleme başarısı ile stereotipik önyargı arasındaki ilişkinin ortaya konulması, önyargının farklı toplumsal kategorilere göre değişiminin incelenmesi ve genel model skorlarının hedef düzeyindeki farklılıkları ne ölçüde yansıttığının değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. StereoSet Veri Seti

Bu çalışmada, Nadeem ve ark. tarafından geliştirilen StereoSet veri setinin Hugging Face üzerinde yayımlanan Intrasentence validation alt kümesi kullanılmıştır (Nadeem ve ark., 2021). StereoSet, açık erişimli olarak sunulan ve CC BY-SA 4.0 lisansı altında kullanılabilen bir benchmark veri setidir. Veri seti; cinsiyet, ırk/etnik köken, din ve meslek olmak üzere dört temel önyargı kategorisini kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan veri setine Hugging Face platformu üzerinden erişilmiştir.

StereoSet veri seti, intrasentence ve intersentence olmak üzere iki temel değerlendirme bölümünden oluşmaktadır. Intrasentence bölümünde stereotipik ilişkiler tek bir cümle içerisindeki bağlama göre değerlendirilirken, intersentence bölümünde değerlendirme birden fazla cümle arasındaki anlamsal ilişki üzerinden gerçekleştirilmektedir (Nadeem ve ark., 2021). Bu çalışmada, encoder tabanlı dil modellerinin aynı deneysel yapı içerisinde doğrudan karşılaştırılabilmesi amacıyla yalnızca StereoSet Intrasentence alt veri seti kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan Intrasentence veri seti toplam 2.106 örnekten oluşmaktadır. Bu örneklerin 962'si ırk/etnik köken, 810'u meslek, 255'i cinsiyet ve 79'u din kategorisinde yer almaktadır. Buna göre veri setinin yaklaşık %45,68'i ırk/etnik köken, %38,46'sı meslek, %12,11'i cinsiyet ve %3,75'i din temelli önyargılardan oluşmaktadır. Veri setinde toplam 79 farklı hedef (target) bulunmaktadır.

Kategori örnek sayılarının eşit olmaması nedeniyle model performanslarının yalnızca genel skorlar üzerinden değerlendirilmesi yeterli görülmemiştir. Bu nedenle genel sonuçların yanı sıra cinsiyet, ırk/etnik köken, din ve meslek kategorileri için ayrı değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

StereoSet Intrasentence yapısında her örnek, içerisinde BLANK ifadesi bulunan bir bağlam ve bu boşluğu tamamlamak üzere tanımlanmış üç farklı aday ifadeden oluşmaktadır. Bu aday ifadeler stereotype, anti-stereotype ve unrelated olarak etiketlenmiştir.

Stereotype seçeneği, ilgili hedef grup hakkında yaygın bir kalıp yargıyı destekleyen ifadeyi temsil etmektedir. Anti-stereotype seçeneği, aynı kalıp yargıyla çelişen veya onun tersini ifade eden seçenektir. Unrelated seçeneği ise bağlamla anlamsal ilişkisi bulunmayan kontrol ifadesidir. Bu yapı sayesinde bir modelin stereotipik ifadeyi anti-stereotipik ifadeye tercih edip etmediği ve aynı zamanda bağlamla ilişkili ifadeleri ilgisiz ifadelerden ayırt edebilme yeterliliği birlikte değerlendirilebilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Bu çalışmada kullanılan StereoSet, açık erişimli olarak yayımlanmış ve araştırma amaçlı kullanıma sunulmuş bir benchmark veri setidir. Çalışma kapsamında yeni bir insan katılımcı verisi toplanmamış, kişisel veri elde edilmemiş ve katılımcılarla herhangi bir doğrudan etkileşim gerçekleştirilmemiştir. Veri seti yalnızca dil modellerindeki stereotipik önyargının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Veri setinde yer alan toplumsal gruplara ilişkin stereotipik ifadeler araştırmanın inceleme nesnesi olup herhangi bir görüş veya değer yargısını temsil etmemektedir.

### 2.2. Değerlendirilen Dil Modelleri

Çalışmada, farklı dönemlerde geliştirilen dört transformer tabanlı encoder dil modeli karşılaştırılmıştır. Bunlar BERT-base-uncased, RoBERTa-base, DeBERTa-v3-base ve ModernBERT-base modelleridir. Model seçimi yapılırken, literatürde yaygın olarak kullanılan temel encoder modelleri ile daha güncel mimarilerin aynı deneysel ortamda karşılaştırılabilmesi amaçlanmıştır (Antoun ve ark., 2025; Warner ve ark., 2025).

BERT-base-uncased, çift yönlü bağlam bilgisini kullanan ve maskeli dil modelleme yaklaşımıyla önceden eğitilmiş temel transformer modellerinden biridir (Devlin ve ark., 2019; McGee ve ark., 2026). Çalışmada BERT, diğer modellerin karşılaştırılabileceği bir referans model olarak değerlendirilmiştir.

RoBERTa-base, BERT tabanlı encoder mimarisini korurken ön eğitim sürecinde çeşitli optimizasyonlar içeren bir dil modelidir. RoBERTa'da daha büyük eğitim verisi ve batch boyutlarının kullanılması, daha uzun süreli eğitim ve dinamik maskeleme gibi düzenlemelerle BERT'in ön eğitim yaklaşımının geliştirilmesi amaçlanmıştır (Liu ve ark., 2019; Shen ve Kejriwal, 2023). Bu çalışmada RoBERTa-base'in değerlendirmeye alınmasının amacı, BERT ile benzer temel mimari yapıyı paylaşan ancak farklı ön eğitim stratejileri kullanan bir modelin stereotipik tercih davranışının karşılaştırılmasıdır.

DeBERTa-v3-base, ayrıştırılmış dikkat mekanizması ve geliştirilmiş ön eğitim yaklaşımı kullanan daha güncel bir encoder tabanlı transformer modelidir. DeBERTaV3, özellikle güncel doğal dil işleme görevlerinde güçlü temsil yeteneği ve gelişmiş ön eğitim yapısıyla kullanılan modellerden biridir (He ve ark., 2021; Das ve ark., 2026). Bu modelin değerlendirmeye dahil edilmesi, BERT ve RoBERTa sonrasında gerçekleştirilen mimari ve eğitimsel iyileştirmelerin stereotipik tercih davranışına nasıl yansıdığının incelenmesine olanak sağlamaktadır.

ModernBERT-base, güncel transformer optimizasyonlarını çift yönlü encoder yaklaşımıyla birleştiren daha yeni bir modeldir. ModernBERT, geleneksel BERT tabanlı modellere kıyasla güncel mimari iyileştirmeler ve donanıma yönelik optimizasyonlarla daha verimli bir encoder yapısı sunmaktadır (Yamagishi ve ark., 2026). ModernBERT'in çalışmaya dahil edilmesiyle, klasik maskeli dil modellerinden daha güncel encoder tabanlı modellere uzanan gelişim sürecinde stereotipik önyargının nasıl değiştiğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu model grubu doğrultusunda çalışmanın temel araştırma yaklaşımı, daha güncel transformer tabanlı dil modellerinin daha düşük stereotipik önyargı gösterip göstermediğinin ve bu değişimin dil modelleme başarısıyla birlikte nasıl şekillendiğinin belirlenmesi üzerine kurulmuştur.

### 2.3. Deneysel Tasarım ve Model Değerlendirme Süreci

StereoSet Intrasentence veri setindeki her örnekte, tamamlanması gereken bölüm BLANK ifadesiyle belirtilmektedir. Her bağlam için stereotype, anti-stereotype ve unrelated olmak

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

üzere üç farklı aday bulunmaktadır. Değerlendirme sürecinde her aday ifade ilgili bağlama yerleştirilmiş ve modelin bu aday ifadeye atadığı olasılık skoru hesaplanmıştır.

Aday ifadenin modelin tokenizer yapısına göre birden fazla alt sözcük birimine ayrılması durumunda, ilgili alt sözcüklerin maskeli bağlam içerisindeki olasılıkları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çok alt sözcüklü adaylarda, alt sözcük olasılıkları sırasıyla değerlendirilmiş ve aday ifadeyi temsil eden skor bu alt sözcük olasılıklarının ortalaması alınarak elde edilmiştir. Böylece farklı tokenizasyon yapısına sahip modellerin aynı StereoSet örnekleri üzerinde karşılaştırılması mümkün hale getirilmiştir.

Her bir StereoSet örneği için model tarafından üç ayrı skor üretilmiştir:

- stereotipik adayın skoru,
- anti-stereotipik adayın skoru,
- bağlamla ilgisiz adayın skoru.

Modelin stereotipik aday için ürettiği skorun anti-stereotipik aday skorundan yüksek olması durumunda ilgili örnek stereotipik tercih olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte yalnızca stereotype ve anti-stereotype seçeneklerinin karşılaştırılması modelin gerçek dil modelleme yeterliliğini göstermeyeceğinden, unrelated seçeneği de değerlendirme sürecine dahil edilmiştir.

Her model toplam 2.106 örnek üzerinde değerlendirilmiştir. Her örnekte üç aday ifade bulunduğundan bir model için toplam 6.318 aday ifade değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Dört model birlikte ele alındığında toplam 8.424 model-örnek değerlendirmesi ve 25.272 aday ifade değerlendirmesi elde edilmiştir.

Model değerlendirmeleri sırasında aynı veri seti, aynı örnekler ve aynı değerlendirme ölçütleri kullanılarak modeller arasında doğrudan karşılaştırılabilir bir deneysel yapı oluşturulmuştur.

### 2.4. Değerlendirme Metrikleri

Dil modellerinin stereotipik önyargı düzeylerini ve bağlamsal dil modelleme yeterliliklerini belirlemek amacıyla Stereotype Score (SS), Language Modeling Score (LMS) ve ICAT Score metrikleri kullanılmıştır. Metriklerin hesaplanmasında StereoSet'in özgün değerlendirme yaklaşımı esas alınmış ve genel skorlar target düzeyinde hesaplanan değerlerin ortalaması üzerinden elde edilmiştir (Nadeem ve ark., 2021).

Stereotype Score (SS)

Stereotype Score, bir dil modelinin stereotipik seçeneği anti-stereotipik seçeneğe tercih etme eğilimini göstermektedir. Bir örnekte stereotype seçeneğinin model skoru anti-stereotype seçeneğinin skorundan yüksek olduğunda stereotipik tercih gerçekleşmiş kabul edilmiştir.

StereoSet değerlendirme yaklaşımında SS değeri öncelikle her target için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Belirli bir target altında stereotype seçeneğinin anti-stereotype seçeneğine tercih edildiği örneklerin yüzdesi, ilgili target'a ait SS değerini oluşturmaktadır. Bir target için SS değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$SS_t = 100 \times N_t(\text{Stereotype} > \text{Anti-stereotype}) / N_t$

Burada $N_t$, ilgili target'a ait toplam örnek sayısını ifade etmektedir. Veri setinin genel SS değeri ise target düzeyinde elde edilen SS değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır:

$SS = (1/T) \times \Sigma\, SS_t$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Burada T, değerlendirmeye dahil edilen toplam target sayısını ifade etmektedir. Bu hesaplama yaklaşımıyla her target genel skorun belirlenmesine eşit ağırlıkta katkı sağlamaktadır.

SS metriğinde %50 değeri tarafsızlık noktası olarak kabul edilmektedir. SS değerinin %50'nin üzerinde olması modelin stereotipik ifadeleri daha fazla tercih ettiğini, %50'nin altında olması ise anti-stereotipik ifadeleri daha fazla tercih ettiğini göstermektedir. Bu nedenle model karşılaştırmalarında yalnızca SS değerinin büyüklüğü değil, tarafsızlık noktası olan 50'den sapma miktarı da değerlendirilmiştir.

Bu amaçla SS değerinin tarafsızlık noktasından mutlak sapması aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$DSS = |SS - 50|$$

DSS değerinin sıfıra yaklaşması, modelin stereotype ve anti-stereotype seçenekleri arasında daha dengeli bir tercih davranışı gösterdiğini ifade etmektedir.

Language Modeling Score (LMS)

Language Modeling Score, modelin bağlamla anlamsal olarak ilişkili stereotype ve anti-stereotype seçeneklerini unrelated seçeneğinden ayırt edebilme yeterliliğini göstermektedir. StereoSet yaklaşımında LMS değeri de öncelikle her target için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. İlgili target altında modelin anlamlı seçenekleri unrelated seçeneğine tercih ettiği karşılaştırmaların yüzdesi, o target'a ait LMS değerini oluşturmaktadır. Genel LMS değeri ise target düzeyinde hesaplanan LMS değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir.

Bu ölçütün değerlendirmeye dahil edilmesinin temel nedeni, SS değeri %50'ye yakın olan bir modelin yalnızca rastlantısal veya düşük kaliteli tahminler nedeniyle tarafsız görünmesinin önüne geçmektir. Başka bir ifadeyle modelin düşük stereotipik tercih eğilimi göstermesinin yanı sıra bağlamla ilişkili ifadeleri anlamsal olarak ilgisiz ifadelerden ayırt edebilmesi de beklenmektedir.

LMS değerinin yükselmesi, modelin bağlamla ilişkili ifadeleri unrelated ifadelerden ayırmada daha başarılı olduğunu göstermektedir. Teorik olarak %100'e yaklaşan LMS değerleri daha yüksek bağlamsal dil modelleme yeterliliğini ifade etmektedir.

ICAT Score

ICAT, dil modelleme yeterliliği ile stereotipik önyargı düzeyini birlikte değerlendiren bütünleşik bir ölçüttür. Genel target ortalamalarından elde edilen LMS ve SS değerleri kullanılarak ICAT aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$ICAT = LMS \times \min(SS, 100 - SS) / 50$$

ICAT hesaplamasında yüksek LMS değeri ile SS değerinin tarafsızlık noktası olan 50'ye yakınlığı birlikte dikkate alınmaktadır. Buna göre teorik olarak ideal bir model için:

$$LMS = 100,\ SS = 50,\ ICAT = 100$$

olması beklenmektedir.

Yüksek ICAT değeri, modelin hem bağlamsal dil modelleme açısından başarılı olduğunu hem de stereotipik ve anti-stereotipik seçenekler arasında daha dengeli davrandığını göstermektedir.

Çalışmada SS ve LMS değerleri öncelikle target düzeyinde hesaplanmış, ardından target skorlarının ortalaması alınarak genel model skorları elde edilmiştir. Kategori bazlı değerlendirmelerde aynı hesaplama yaklaşımı gender, race, religion ve profession kategorileri

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

içerisinde yer alan target'lara ayrı ayrı uygulanmıştır. Genel ICAT değeri ise elde edilen genel SS ve LMS değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

### 2.5. Kategori ve Hedef Düzeyinde Önyargı Analizi

Genel model skorları, veri setindeki stereotipik eğilimleri tek bir değer altında topladığı için model davranışlarının toplumsal kategorilere göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla kategori bazlı değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda dört model için gender, race, religion ve profession kategorileri ayrı ayrı ele alınmıştır. Her kategori içerisinde yer alan target'lara ait SS değerleri hesaplanmış ve kategori düzeyindeki SS değeri, ilgili target skorlarının aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir. Böylece kategori bazlı değerlendirmelerde de genel SS hesabında kullanılan target düzeyindeki yaklaşım korunmuştur.

Bu analizle, genel olarak düşük stereotipik tercih eğilimi gösteren bir modelin belirli bir önyargı kategorisinde daha yüksek stereotipik tercih gösterip göstermediği değerlendirilmiştir.

Bunun yanı sıra StereoSet içerisindeki target değişkeni kullanılarak hedef düzeyinde keşfedici analiz gerçekleştirilmiştir. Genel stereotipik tercih düzeyi tarafsızlık noktasına en yakın olan ModernBERT-base modeli için stereotype seçeneğinin en yüksek oranda tercih edildiği target'lar belirlenmiş ve stereotipik tercih eğiliminin belirli toplumsal gruplar veya kavramlar üzerinde yoğunlaşıp yoğunlaşmadığı incelenmiştir.

Hedef düzeyindeki bulgular, örnek sayılarının target'lar arasında sınırlı ve farklı olabilmesi nedeniyle doğrulayıcı hipotez testi olarak değil, model davranışındaki olası önyargı yoğunlaşmalarını ortaya koyan keşfedici analiz olarak değerlendirilmiştir.

### 2.6. İstatistiksel Analiz

Dört dil modeli aynı 2.106 StereoSet örneği üzerinde değerlendirildiğinden model sonuçları birbirinden bağımsız gözlemler olarak kabul edilmemiştir. Her model için her bir örnek üzerinde stereotype seçeneğinin anti-stereotype seçeneğine tercih edilip edilmediğini gösteren ikili bir değişken oluşturulmuştur.

Stereotipik tercih gerçekleşmesi durumunda ilgili gözlem 1, gerçekleşmemesi durumunda ise 0 olarak kodlanmıştır.

Modellerin aynı örnekler üzerindeki stereotipik tercih davranışlarının ikili olarak karşılaştırılmasında McNemar testi kullanılmıştır. Dört model arasında BERT-base–RoBERTa-base, BERT-base–DeBERTa-v3-base, BERT-base–ModernBERT-base, RoBERTa-base–DeBERTa-v3-base, RoBERTa-base–ModernBERT-base ve DeBERTa-v3-base–ModernBERT-base olmak üzere altı ikili karşılaştırma gerçekleştirilmiştir.

Birden fazla ikili test gerçekleştirilmesi nedeniyle oluşabilecek Tip-I hata olasılığını kontrol etmek amacıyla elde edilen p değerlerine Holm çoklu karşılaştırma düzeltmesi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Modellerin stereotipik tercih düzeylerine ilişkin örnekleme belirsizliğini değerlendirmek amacıyla genel SS değerleri için %95 güven aralıkları hesaplanmıştır. Güven aralıklarının elde edilmesinde yeniden örneklemeye dayalı bootstrap yaklaşımı kullanılmıştır. StereoSet veri setinde aynı target değişkeni altında birden fazla örnek bulunması ve genel SS değerinin target düzeyindeki skorların ortalamasından elde edilmesi nedeniyle, yeniden örnekleme işlemi target düzeyindeki kümelenme yapısı korunarak gerçekleştirilmiştir. Her bootstrap örnekleminde

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

target düzeyindeki SS değerleri yeniden hesaplanmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak genel SS skoru elde edilmiştir.

Veri setinin dört ana önyargı kategorisi bakımından dengeli olmaması nedeniyle genel skorların tek başına yorumlanmasından kaçınılmıştır. Özellikle religion kategorisindeki örnek sayısının diğer kategorilere göre daha düşük olması, bu kategoriye ait sonuçların değerlendirilmesinde dikkate alınmıştır.

Sonuçların yorumlanmasında yalnızca istatistiksel anlamlılık değil, modellerin SS değerlerinin tarafsızlık noktası olan 50'den sapma büyüklüğü, LMS düzeyleri ve bütünleşik ICAT skorları birlikte değerlendirilmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1. Modellerin Genel Performanslarının Karşılaştırılması

BERT-base, RoBERTa-base, DeBERTa-v3-base ve ModernBERT-base modellerinin StereoSet Intrasentence veri seti üzerindeki genel performansları Language Modeling Score (LMS), Stereotype Score (SS) ve ICAT Score ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Modellerin StereoSet Intrasentence veri setindeki genel performans sonuçları ( % )**

| Model | LMS | SS | \|SS − 50\| | ICAT |
|---|---|---|---|---|
| BERT-base | 84,60 | 61,80 | 11,80 | 64,63 |
| RoBERTa-base | 87,90 | 58,90 | 8,90 | 72,25 |
| DeBERTa-v3-base | 90,70 | 56,40 | 6,40 | 79,09 |
| ModernBERT-base | 92,30 | 54,10 | 4,10 | 84,73 |

Çizelge 1 incelendiğinde modeller arasında hem dil modelleme başarısı hem de stereotipik tercih eğilimi bakımından belirgin farklılıklar bulunduğu görülmektedir. BERT-base modeli %84,60 ile en düşük LMS değerini gösterirken, ModernBERT-base %92,30 ile en yüksek LMS değerine ulaşmıştır. RoBERTa-base ve DeBERTa-v3-base modellerinin LMS değerleri sırasıyla %87,90 ve %90,70 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, incelenen modeller arasında bağlamla ilişkili ifadeleri ilgisiz ifadelerden ayırma başarısının farklılaştığını ve en yüksek LMS değerinin ModernBERT-base modelinde elde edildiğini göstermektedir.

Stereotype Score bakımından ise BERT-base modeli %61,80 ile tarafsızlık noktası olan %50'den en fazla sapmayı göstermiştir. BERT-base için mutlak sapma 11,80 puan olarak hesaplanmıştır. RoBERTa-base modelinde SS %58,90'a, DeBERTa-v3-base modelinde %56,40'a ve ModernBERT-base modelinde %54,10'a düşmüştür. ModernBERT-base için tarafsızlık noktasından sapma yalnızca 4,10 puan olarak belirlenmiştir.

Bu bulgu, incelenen modeller içerisinde ModernBERT-base modelinin stereotype ve anti-stereotype seçenekleri arasında en dengeli davranışı sergilediğini göstermektedir. Bununla birlikte ModernBERT-base modelinin SS değerinin hâlen %50'nin üzerinde olması, modelin tamamen önyargısız olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır. Elde edilen sonuç, yalnızca çalışmada incelenen dört model içerisinde ModernBERT-base modelinin daha düşük stereotipik tercih eğilimi gösterdiğine işaret etmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Dil modelleme başarısı ve stereotipik önyargının birlikte değerlendirildiği ICAT sonuçları modeller arasındaki farklılaşmayı daha açık biçimde ortaya koymuştur. BERT-base modelinde 64,63 olan ICAT değeri RoBERTa-base modelinde 72,25'e, DeBERTa-v3-base modelinde 79,09'a ve ModernBERT-base modelinde 84,73'e yükselmiştir. ModernBERT-base ile BERT-base arasındaki ICAT farkı 20,10 puandır.

Bu sonuçlar, daha düşük stereotipik eğilimin dil modelleme performansındaki bir kayıp karşılığında ortaya çıkmadığını göstermektedir. Aksine, modellerin LMS değerleri yükselirken SS değerlerinin de tarafsızlık noktası olan %50'ye yaklaştığı görülmüştür. Dolayısıyla incelenen modellerde LMS değerlerindeki artış ile SS değerlerinin tarafsızlık noktasına yaklaşmasının birlikte gerçekleştiği gözlenmiştir.

### 3.2. Önyargı Kategorilerine Göre Stereotype Score Sonuçları

Genel SS değerlerinin, farklı toplumsal önyargı türlerinde ortaya çıkan model davranışlarını maskeleyebilme olasılığı nedeniyle gender, race, religion ve profession kategorileri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kategori bazlı Stereotype Score sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur.

**Çizelge 2. Modellerin önyargı kategorilerine göre Stereotype Score değerleri (%)**

| Model | Gender | Race | Religion | Profession |
|---|---|---|---|---|
| BERT-base | 60,70 | 64,90 | 66,20 | 57,50 |
| RoBERTa-base | 57,40 | 60,90 | 62,80 | 55,20 |
| DeBERTa-v3-base | 54,90 | 58,20 | 60,60 | 53,40 |
| ModernBERT-base | 52,80 | 55,70 | 58,40 | 51,60 |

Kategori bazlı sonuçlar, bütün modellerde stereotipik tercih düzeyinin önyargı türüne göre farklılaştığını göstermiştir. BERT-base modelinde en yüksek SS değeri religion kategorisinde %66,20 olarak belirlenirken, bunu %64,90 ile race, %60,70 ile gender ve %57,50 ile profession kategorileri izlemiştir.

RoBERTa-base modelinde tüm kategorilerde daha düşük SS değerleri elde edilmiştir. Religion kategorisindeki SS %62,80, race kategorisinde %60,90, gender kategorisinde %57,40 ve profession kategorisinde %55,20 olarak belirlenmiştir.

DeBERTa-v3-base modelinde stereotipik tercih eğiliminin daha da azaldığı görülmüştür. Modelin SS değerleri religion, race, gender ve profession kategorilerinde sırasıyla %60,60, %58,20, %54,90 ve %53,40 olarak hesaplanmıştır.

ModernBERT-base modeli dört kategorinin tamamında tarafsızlık noktası olan %50'ye en yakın sonuçları göstermiştir. Modelin profession kategorisindeki SS değeri %51,60, gender kategorisinde %52,80, race kategorisinde %55,70 ve religion kategorisinde %58,40 olarak belirlenmiştir.

Kategori sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi, religion ve race kategorilerinde stereotipik tercih eğiliminin gender ve profession kategorilerine kıyasla daha yüksek düzeyde sürdüğünü göstermektedir. Özellikle ModernBERT-base modelinin genel SS değeri %54,10 olmasına rağmen religion kategorisindeki SS değerinin %58,40 olması, genel bir önyargı skorunun

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

modelin belirli toplumsal kategorilerdeki davranışını tek başına temsil etmekte yetersiz kalabileceğini göstermektedir.

Profession kategorisinde ModernBERT-base modelinin %51,60 ile tarafsızlık noktasına oldukça yakın bir değer üretmesine karşılık, aynı modelin religion kategorisinde %58,40 SS değerine sahip olması bu durumu açık biçimde ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bir dil modelinin genel stereotipik eğiliminin düşük olması, modelin bütün toplumsal gruplar açısından aynı düzeyde dengeli davrandığı anlamına gelmemektedir.

Ayrıca dört model için de kategori sıralamasının büyük ölçüde benzer olması dikkat çekmektedir. Genel olarak en yüksek stereotipik tercih religion ve race kategorilerinde, daha düşük tercihler ise gender ve profession kategorilerinde belirlenmiştir. Bu bulgu, incelenen modeller arasında bazı stereotipik tercih örüntülerinin belirli kategorilerde daha yüksek düzeyde sürdüğünü göstermektedir. Bununla birlikte religion kategorisindeki örnek sayısının diğer kategorilere göre daha düşük olması nedeniyle bu kategoriye ilişkin bulgular temkinli değerlendirilmelidir.

### 3.3. Stereotype Score İçin Güven Aralıklarının Değerlendirilmesi

Model SS değerlerinin örnekleme belirsizliğini değerlendirmek amacıyla %95 güven aralıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 3. Modellerin genel Stereotype Score değerleri ve %95 güven aralıkları**

| Model | SS (%) | %95 Güven Aralığı |
|---|---|---|
| BERT-base | 61,80 | 59,70–63,90 |
| RoBERTa-base | 58,90 | 56,80–61,00 |
| DeBERTa-v3-base | 56,40 | 54,30–58,50 |
| ModernBERT-base | 54,10 | 52,00–56,20 |

BERT-base modeli için hesaplanan %95 güven aralığı %59,70–63,90 arasında değişirken, RoBERTa-base için %56,80–61,00, DeBERTa-v3-base için %54,30–58,50 ve ModernBERT-base için %52,00–56,20 aralığında belirlenmiştir.

Hesaplanan %95 güven aralıklarının tamamının alt sınırının %50'nin üzerinde bulunması, incelenen dört modelde de stereotipik tercih eğiliminin tamamen ortadan kalkmadığını göstermektedir. İncelenen modellerde hem SS nokta tahminlerinin hem de güven aralıklarının BERT-base'ten ModernBERT-base'e doğru tarafsızlık noktası olan %50'ye yaklaştığı görülmüştür.

Özellikle BERT-base ve ModernBERT-base modellerinin sonuçları karşılaştırıldığında, stereotype tercih eğilimindeki azalmanın yalnızca küçük bir sayısal farklılık olmadığı görülmektedir. BERT-base modelinin SS değeri %61,80 iken ModernBERT-base modelinde bu değer %54,10'a gerilemiştir. Böylece iki model arasında 7,70 puanlık bir fark ortaya çıkmıştır.

### 3.4. Modeller Arasındaki Stereotipik Tercih Farklarının İstatistiksel Analizi

Dört model aynı StereoSet örnekleri üzerinde değerlendirildiğinden, modellerin stereotipik tercih davranışları McNemar testi kullanılarak ikili olarak karşılaştırılmıştır. Çoklu

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

karşılaştırmalardan kaynaklanabilecek hata olasılığını azaltmak amacıyla p değerlerine Holm düzeltmesi uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4. Modeller arasındaki stereotipik tercih farklılıklarına ilişkin McNemar testi sonuçları**

| Model Karşılaştırması | Ham p | Holm Düzeltilmiş p | Sonuç |
|---|---|---|---|
| BERT-base – RoBERTa-base | 0,002 | 0,010 | Anlamlı |
| BERT-base – DeBERTa-v3-base | <0,001 | <0,001 | Anlamlı |
| BERT-base – ModernBERT-base | <0,001 | <0,001 | Anlamlı |
| RoBERTa-base – DeBERTa-v3-base | 0,008 | 0,024 | Anlamlı |
| RoBERTa-base – ModernBERT-base | <0,001 | <0,001 | Anlamlı |
| DeBERTa-v3-base – ModernBERT-base | 0,021 | 0,042 | Anlamlı |

Holm düzeltmesi sonrasında gerçekleştirilen altı model karşılaştırmasının tamamında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuç, modeller arasında gözlenen SS farklılıklarının yalnızca genel oranlardaki değişimlerden ibaret olmadığını, aynı StereoSet örnekleri üzerindeki stereotipik tercih davranışlarının da anlamlı biçimde farklılaştığını göstermektedir.

BERT-base ile ModernBERT-base arasındaki fark en belirgin karşılaştırmalardan biri olmuştur (Holm düzeltilmiş $p<0,001$). Benzer biçimde BERT-base ile DeBERTa-v3-base ve RoBERTa-base ile ModernBERT-base modelleri arasında da güçlü istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir.

DeBERTa-v3-base ve ModernBERT-base modellerinin SS değerleri birbirine daha yakın olmakla birlikte, bu iki model arasındaki fark da Holm düzeltmesi sonrasında istatistiksel anlamlılığını korumuştur ($p=0,042$). Bu durum, daha güncel iki encoder mimarisi arasında dahi aynı sosyal önyargı örneklerine verilen model tepkilerinin tamamen benzer olmadığını göstermektedir.

### 3.5. Hedef Düzeyinde Önyargı Analizi

Genel ve kategori bazlı değerlendirmelerin ardından stereotipik tercihlerin belirli hedefler üzerinde yoğunlaşıp yoğunlaşmadığını incelemek amacıyla target düzeyinde keşfedici analiz gerçekleştirilmiştir. ModernBERT-base modeli için en yüksek Stereotype Score değerlerinin elde edildiği örnek hedefler Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5. ModernBERT-base modelinde yüksek stereotipik tercih gösteren örnek hedefler**

| Hedef | Önyargı Kategorisi | SS (%) |
|---|---|---|
| Muslim | Religion | 72,40 |
| Afghanistan | Race | 69,80 |
| Ethiopian | Race | 67,70 |
| prisoner | Profession | 66,70 |
| Arab | Race | 65,50 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | |
|---|---|---|
| Brahmin | Religion | 64,00 |
| Russian | Race | 61,30 |
| housekeeper | Profession | 60,70 |
| schoolgirl | Gender | 59,30 |
| manager | Profession | 58,10 |

Target düzeyindeki sonuçlar, ModernBERT-base modelinin genel SS değeri %54,10 olmasına rağmen belirli hedeflerde stereotipik tercih oranının çok daha yüksek düzeylere ulaşabileceğini göstermektedir. Örneğin Muslim hedefinde SS %72,40, Afghanistan hedefinde %69,80 ve Ethiopian hedefinde %67,70 olarak belirlenmiştir.

Bu durum genel model skorlarının önemli bir sınırlılığını ortaya koymaktadır. Bir modelin toplam veri seti üzerindeki SS değerinin tarafsızlık noktasına yakın olması, belirli gruplar veya kavramlar açısından aynı düzeyde dengeli bir davranış sergilediğini garanti etmemektedir.

Özellikle religion ve race kategorilerindeki bazı hedeflerin yüksek SS değerleri göstermesi, kategori bazlı değerlendirmelerde elde edilen sonuçlarla uyumludur. Bununla birlikte target düzeyindeki örnek sayılarının kategori düzeyindeki örnek sayılarından daha düşük olması nedeniyle bu bulgular doğrulayıcı sonuçlardan ziyade keşfedici nitelikte değerlendirilmiştir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada BERT-base, RoBERTa-base, DeBERTa-v3-base ve ModernBERT-base modellerinin stereotipik önyargı davranışları StereoSet Intrasentence veri seti kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Değerlendirmede modellerin yalnızca stereotype ve anti-stereotype seçenekleri arasındaki tercihleri değil, aynı zamanda bağlamla ilişkili ifadeleri ilgisiz ifadelerden ayırt etme başarıları da dikkate alınmıştır. Bu amaçla Stereotype Score, Language Modeling Score ve ICAT Score birlikte değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, incelenen modeller arasında belirgin bir performans farklılığı bulunduğunu göstermiştir. BERT-base en yüksek stereotipik tercih eğilimini gösterirken, ModernBERT-base tarafsızlık noktası olan %50'ye en yakın SS değerine ulaşmıştır. Bununla birlikte ModernBERT-base aynı zamanda en yüksek LMS ve ICAT değerlerini üretmiştir. Bu sonuç, daha düşük stereotipik eğilimin dil modelleme performansındaki bir azalma ile birlikte ortaya çıkmadığını; aksine daha güncel model mimarilerinde bağlamsal dil modelleme başarısı ile daha dengeli stereotipik tercih davranışının birlikte gözlenebildiğini göstermektedir.

Kategori bazlı değerlendirmeler, stereotipik önyargının bütün toplumsal alanlarda aynı düzeyde gerçekleşmediğini ortaya koymuştur. Özellikle din ve ırk/etnik köken kategorilerinde elde edilen SS değerlerinin, cinsiyet ve meslek kategorilerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, incelenen modellerde genel stereotipik tercih düzeyleri daha düşük olsa dahi, bazı toplumsal önyargı kategorilerinde daha yüksek stereotipik tercih eğilimlerinin sürdürülebildiğini göstermektedir.

Hedef düzeyindeki analizler de genel model skorlarının tek başına yeterli olmadığını göstermiştir. Genel SS değeri tarafsızlık noktasına yakın olan bir modelin belirli hedef gruplarda daha yüksek stereotipik tercih gösterebildiği belirlenmiştir. Bu nedenle dil modellerinin algoritmik önyargı bakımından değerlendirilmesinde yalnızca tek bir genel

performans ölçütünün kullanılmasının yeterli olmayacağı; kategori ve hedef düzeyindeki analizlerin de değerlendirmeye dahil edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Modeller arasındaki stereotipik tercih farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı bulunması, gözlenen değişimlerin yalnızca sayısal düzeyde olmadığını göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, incelenen daha güncel transformer tabanlı encoder modellerinde daha dengeli stereotipik tercih sonuçlarının elde edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte hiçbir modelin SS açısından tam tarafsızlık noktasına ulaşmaması, algoritmik önyargının halen güncel dil modelleri için önemli bir araştırma konusu olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, transformer tabanlı dil modellerinde performans artışının stereotipik önyargının tamamen ortadan kalktığı anlamına gelmediği görülmüştür. Daha güncel modeller genel olarak daha düşük stereotipik eğilim göstermesine rağmen özellikle bazı önyargı kategorileri ve hedef gruplarda belirgin farklılıklar devam etmektedir. Bu nedenle gelecekteki çalışmalarda model başarısının yalnızca genel dil performansı üzerinden değil, farklı toplumsal gruplar açısından ayrıntılı ve çok boyutlu adalet ölçütleriyle birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir.

## Yapay Zekâ Kullanım Beyanı

Bu çalışmada üretken yapay zekâ araçlarından yalnızca dil ve anlatım düzenlemeleri amacıyla yararlanılmıştır. Çalışmanın tasarımı, analizleri, elde edilen bulgular ve sonuçların yorumlanması yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKÇA

Abeliuk, A., Gaete, V., & Bro, N. (2026). Auditing socio-demographic and cross-societal fairness in LLM-simulated public opinion. *EPJ Data Science*, *15*, 75. https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-026-00673-y

Antoun, W., Sagot, B., & Seddah, D. (2025). ModernBERT or DeBERTaV3? Examining architecture and data influence on transformer encoder models performance. *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Natural Language Processing and the 4th Conference of the Asia-Pacific Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 3061–3074. https://doi.org/10.18653/v1/2025.ijcnlp-long.164

Das, M. K., Skaria, B., Auddy, A., & Vidhyalakshmi, M. (2026). Hate speech detection using pretrained DeBERTaV3 optimized with Grey Wolf Optimizer: A hybrid approach for social media content moderation. *Scientific Reports*, *16*, 20419. https://doi.org/10.1038/s41598-026-47767-1

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 4171–4186. https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423

Gray, M., Samala, R., Liu, Q., Skiles, D., Xu, J., Tong, W., & Wu, L. (2024). Measurement and mitigation of bias in artificial intelligence: A narrative literature review for regulatory science. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, *115*(4), 687–697. https://doi.org/10.1002/cpt.3117

Grote, T., & Keeling, G. (2022). Enabling fairness in healthcare through machine learning. *Ethics and Information Technology*. https://doi.org/10.1007/s10676-022-09658-7

He, P., Gao, J., & Chen, W. (2021). *DeBERTaV3: Improving DeBERTa using ELECTRA-style pre-training with gradient-disentangled embedding sharing*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.09543

Helm, P., Bella, G., Koch, G., & Giunchiglia, F. (2024). Diversity and language technology: How language modeling bias causes epistemic injustice. *Ethics and Information Technology*, *26*, Article 8. https://doi.org/10.1007/s10676-023-09742-6

Hovy, D., & Prabhumoye, S. (2021). Five sources of bias in natural language processing. *Language and Linguistics Compass, 15*(8), e12432. https://doi.org/10.1111/lnc3.12432

Kelan, E. K. (2024). Algorithmic inclusion: Shaping the predictive algorithms of artificial intelligence in hiring. *Human Resource Management Journal, 34*(3), 694–707. https://doi.org/10.1111/1748-8583.12511

Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., Lewis, M., Zettlemoyer, L., & Stoyanov, V. (2019). *RoBERTa: A robustly optimized BERT pretraining approach*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1907.11692

McGee, T. A., Zhang, Y., & Blank, I. A. (2026). Evidence against syntactic encapsulation in large language models. *Cognitive Science, 50*, e70187. https://doi.org/10.1111/cogs.70187

Nadeem, M., Bethke, A., & Reddy, S. (2021). StereoSet: Measuring stereotypical bias in pretrained language models. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers)*, 5356–5371. https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-long.416

Palacios Barea, M. A., Boeren, D., & Ferreira Goncalves, J. F. (2025). At the intersection of humanity and technology: A technofeminist intersectional critical discourse analysis of gender and race biases in the natural language processing model GPT-3. *AI & Society, 40*, 461–479. https://doi.org/10.1007/s00146-023-01804-z

Petzel, Z. W., & Sowerby, L. (2025). Prejudiced interactions with large language models (LLMs) reduce trustworthiness and behavioral intentions among members of stigmatized groups. *Computers in Human Behavior, 165*, 108563. https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108563

Rahmani, A. M., Hemmati, A., & Abbasi, S. (2025). The rise of large language models: Evolution, applications, and future directions. *Engineering Reports, 7*(9), e70368. https://doi.org/10.1002/eng2.70368

Shen, K., & Kejriwal, M. (2023). An experimental study measuring the generalization of fine-tuned language representation models across commonsense reasoning benchmarks. *Expert Systems, 40*(5), e13243. https://doi.org/10.1111/exsy.13243

Simpson, S., Nukpezah, J., Brooks, K., & Pandya, R. (2025). Parity benchmark for measuring bias in LLMs. *AI and Ethics, 5*, 3087–3101. https://doi.org/10.1007/s43681-024-00613-4

Singh, R. K., Sachan, M. K., & Patel, R. B. (2023). Cross-domain sentiment classification using decoding-enhanced bidirectional encoder representations from transformers with

disentangled attention. *Concurrency and Computation: Practice and Experience, 35*(6), e7589. https://doi.org/10.1002/cpe.7589

Wang, Y. (E.), & Gu, K. (2026). Who invests, who gets funded: Gender and racial bias in LLM-generated investment advice. *Journal of Business Ethics*. https://doi.org/10.1007/s10551-026-06251-6

Warner, B., Chaffin, A., Clavié, B., Weller, O., Hallström, O., Taghadouini, S., Gallagher, A., Biswas, R., Ladhak, F., Aarsen, T., Adams, G. T., Howard, J., & Poli, I. (2025). Smarter, better, faster, longer: A modern bidirectional encoder for fast, memory efficient, and long context finetuning and inference. *Proceedings of the 63rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*, 2526–2547. https://doi.org/10.18653/v1/2025.acl-long.127

Yamagishi, Y., Kikuchi, T., Hanaoka, S., Yoshikawa, T., & Abe, O. (2026). ModernBERT is more efficient than conventional BERT for chest CT findings classification in Japanese radiology reports. *Scientific Reports, 16*, 15956. https://doi.org/10.1038/s41598-026-44292-z

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KRONİK HASTALIKLARIN YÖNETİMİNDE MATEMATİK TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ YAKLAŞIMLARI

**Dr, Ahmet Yildirim**
Ege Üniversitesi,
yildirim.ahmet@ege.edu.tr - 0000-0001-8989-4271

**Dr.Ogr.Uyesi, Nilufer Yildirim**
Erzurum Teknik Üniversitesi,
nilufer.yildirim@erzurum.edu.tr - 0000-0001-8851-7044

## ÖZET

Kronik hastalıklar, dünya genelinde morbidite, mortalite ve sağlık hizmetleri harcamalarının önde gelen nedenleri arasındadır. Diyabet, kalp-damar hastalıkları, kronik böbrek hastalığı ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı gibi durumlar; doğru hastalık öngörüsü ve erken müdahale gerektirir. Matematik temelli makine öğrenmesi yöntemleri, kapsamlı sağlık verilerini analiz ederek sağlık hizmetlerinde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Bu makalenin amacı, kronik hastalıkların yönetiminde matematik temelli makine öğrenmesi yöntemlerinin mevcut kullanım alanlarını incelemektir. Çalışmada özellikle; kronik hastalık geliştirme riskinin belirlenmesi, kronik hastalığı olan hastaların prognozu, bu hastalıklarla ilişkili komplikasyonların erken tespiti ve hastalar için kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulması süreçlerinde regresyon modelleri, optimizasyon yöntemleri, olasılıksal modeller ve derin öğrenme algoritmalarının kullanımına odaklanılacaktır. Ayrıca, sağlık hizmetleri karar destek sistemleri ve dijital sağlık uygulamalarında makine öğrenmesi yöntemlerinin rolü de ele alınacaktır. Kronik hastalıkların yönetiminde matematiksel makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılması; hastalık öngörüsünün doğruluğuna, kronik hastalığı olan hastaların genel yönetimine ve kişiye özel sağlık hizmetleri ile ürünlerinin geliştirilmesine önemli ölçüde katkı sağlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kronik Hastalıklar, Makine Öğrenmesi, Matematiksel Modelleme, Klinik Karar Destek Sistemleri, Dijital Sağlık.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE ROLE OF DOCK SYSTEMS IN MAINTENANCE SAFETY IN AIRCRAFT MAINTENANCE OPERATIONS

**Polat Çelik**
İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics,
polatcelik121@gmail.com, 0009-0003-1324-4370
**Asst. Prof. Dr. Tarık Güneş**
İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics,
tarik.gunes@iste.edu.tr, 0000-0003-3098-7654

## ABSTRACT

Aircraft maintenance operations play a critical role in maintaining airworthiness and ensuring aviation safety. A significant portion of maintenance activities requires technicians to physically access different areas of an aircraft, making accessibility and working conditions important factors that may influence maintenance performance. In particular, maintenance tasks performed on wings, upper fuselage sections, tail assemblies, and other elevated or difficult-to-access areas may introduce safety concerns related to working posture, ergonomics, working at height, and equipment use. This study examines the role of maintenance dock systems in aircraft maintenance safety from a theoretical perspective. Dock systems are evaluated in terms of accessibility, ergonomics, human factors, and their contribution to creating a safer maintenance environment, with particular emphasis on the interaction between maintenance personnel, equipment, and the working environment. The study discusses how maintenance docks serve not only as physical access equipment but also as an engineering means of supporting appropriate working heights and postures, reducing ergonomic constraints, providing safer working areas, and facilitating technician task performance. Furthermore, design characteristics such as geometric compatibility with the aircraft, structural stability, modularity, mobility, and adaptability to different maintenance tasks are discussed in relation to maintenance safety. The study concludes that the design and implementation of aircraft maintenance dock systems should consider human factors, ergonomics, and task-specific maintenance requirements alongside structural and functional requirements. Such an integrated approach can contribute to safer and more effective maintenance environments, particularly for aircraft requiring access to multiple maintenance areas with different geometric and operational characteristics.

**Keywords:** Aircraft Maintenance, Maintenance Safety, Maintenance Dock Systems, Human Factors, Ergonomics.

## 1. INTRODUCTION

Aircraft maintenance operations play a critical role in maintaining airworthiness, structural integrity, and long-term aviation safety. Ensuring that an aircraft remains in an optimal operational state requires strict adherence to regulatory standards, periodic structural inspections, and proper execution of maintenance tasks. However, maintenance activities extend far beyond isolated technical tasks; they represent a complex socio-technical system governed by continuous interactions among the technician, the aircraft structure, maintenance equipment, and the overall physical working environment. In this multi-variable environment, operational reliability depends heavily on how effectively maintenance tools and support

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

systems bridge the gap between human physical capabilities and complex aircraft geometries (Desai & Mital, 2006).
Human factors constitute a primary determinant of safety, quality, and efficiency in aviation maintenance environments. Historical research on aircraft maintenance has emphasized the important role of human error in maintenance-related incidents and system failures (Marx & Graeber, 1997). Factors such as physical fatigue, excessive cognitive and physical workload, adverse workplace conditions, and poor ergonomics can compromise technician dexterity, situational awareness, and procedural compliance. Working in constrained spaces or maintaining awkward body postures for extended periods can significantly increase physical strain and fatigue, potentially affecting the quality and reliability of maintenance tasks (Desai & Mital, 2006).

A major challenge in routine and base aircraft maintenance is maintaining consistent structural accessibility. Due to the complex geometric contours of modern aircraft, including high wing positions, contoured upper fuselage sections, tail assemblies, and elevated propulsion units, technicians are frequently required to use external support equipment such as ladders, portable work stands, or temporary platforms. However, mere physical reach does not necessarily equate to safe or ergonomic access. Reaching elevated or difficult-to-access zones using non-dedicated or unstable equipment may force technicians into awkward postures, which can increase exposure to fall hazards and physical strain. Safe accessibility therefore relies on a stable, secure, and ergonomically appropriate work area that supports technicians in performing high-precision tasks without compromising balance or posture (Desai & Mital, 2006). The development of reconfigurable and adaptable support structures for aircraft maintenance has also been investigated as a means of addressing the varying access requirements associated with aircraft maintenance operations (Sudarshana et al., 2016; Tao & Hansman, 2016).

This study aims to theoretically examine the role of aircraft maintenance dock systems in maintenance safety by focusing on accessibility, ergonomics, human factors, and working environment conditions. Conducted as a literature-based conceptual evaluation, this research analyzes how maintenance docks function not only as physical access structures, but also as an engineering framework to support proper working heights, reduce ergonomic constraints, and facilitate technician task performance across diverse maintenance environments (Desai & Mital, 2006; Sudarshana et al., 2016; Tao & Hansman, 2016).

## 2. SAFETY, HUMAN FACTORS AND ACCESSIBILITY IN AIRCRAFT MAINTENANCE

Maintenance safety in aviation involves both the protection of maintenance personnel and the preservation of aircraft airworthiness and operational safety. These two aspects are closely related because the physical and environmental conditions in which maintenance tasks are performed may influence technician performance and, consequently, the quality and safety of maintenance activities. In this context, occupational safety and aviation safety can be considered as interconnected dimensions of the maintenance environment rather than as a formally defined dual classification.

Human factors provide a useful perspective for examining these relationships in aircraft maintenance environments. Human performance during maintenance tasks can be influenced by physical workload, fatigue, workplace conditions, ergonomics, structural accessibility, and the design of tools and equipment (Marx & Graeber, 1997; Desai & Mital, 2006). Prolonged physical exertion, restricted working areas, and awkward or non neutral working postures may

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

contribute to physical fatigue and discomfort. Such conditions may influence technician dexterity, attention, and the ability to perform maintenance tasks consistently. Therefore, the interaction between the technician, the equipment, and the working environment is an important consideration in the assessment of maintenance safety.

The interaction between these factors can be examined from a human factors perspective using the SHELL model. The model is used in aviation human factors to describe the interaction between the human element and other components of the operational system (ICAO, 2003). The acronym SHELL represents Software, Hardware, Environment, Liveware, and Liveware-Liveware interactions. Software refers to procedures, manuals, rules, and other elements of work design; Hardware includes equipment, tools, and technologies; Environment represents the physical and organizational conditions in which work is performed; and Liveware refers to the human element and interactions between people.

In the present study, particular attention is given to the L-H-E interfaces of the SHELL model because maintenance dock systems primarily influence the interaction between the technician, physical maintenance equipment, and the working environment. The Software and Liveware-Liveware components are acknowledged as integral parts of the complete SHELL framework but are outside the primary scope of the present conceptual evaluation. This focused use of the model allows the role of maintenance dock systems to be examined in relation to physical accessibility, working conditions, and technician performance.

Within this framework, aircraft maintenance dock systems can be considered an important engineering interface between Liveware, Hardware, and Environment. Docks constitute specialized Hardware that can modify the immediate working Environment and facilitate the technician's interaction with the aircraft and maintenance equipment. By providing dedicated and appropriately configured access structures, docking systems may support more stable and ergonomically appropriate working conditions compared with access arrangements that do not adequately match the maintenance task or aircraft geometry.

A central consideration in evaluating maintenance environments is the distinction between basic physical access and ergonomic accessibility. Physical accessibility indicates that a technician can reach a particular component or structural area; however, the ability to reach a component does not necessarily indicate that the task can be performed under safe and ergonomic conditions. For example, a technician may physically reach a control actuator, fastener, or inspection hatch on an elevated wing or upper fuselage section while maintaining an extreme forward bend, excessive overhead reach, or an unstable stance. Such conditions may increase physical workload and exposure to slips, falls, or tool dropping. Consequently, effective maintenance accessibility should consider not only reachability but also working posture, stability, and the physical demands imposed by the task (Desai & Mital, 2006).

Accordingly, accessibility, working posture, and physical workload can be considered interconnected factors that may influence technician performance during maintenance activities. When accessibility is poor or ergonomically inappropriate, technicians may adopt awkward or non-neutral working postures to reach target components. These postures may increase physical workload and localized strain, which may contribute to fatigue and potentially influence manual dexterity, attention to detail, and task performance. Conversely, appropriately designed access arrangements may support more suitable working postures and reduce unnecessary physical demands.

The conceptual relationship between physical accessibility, working posture, physical workload, and technician performance is illustrated in Figure 1.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

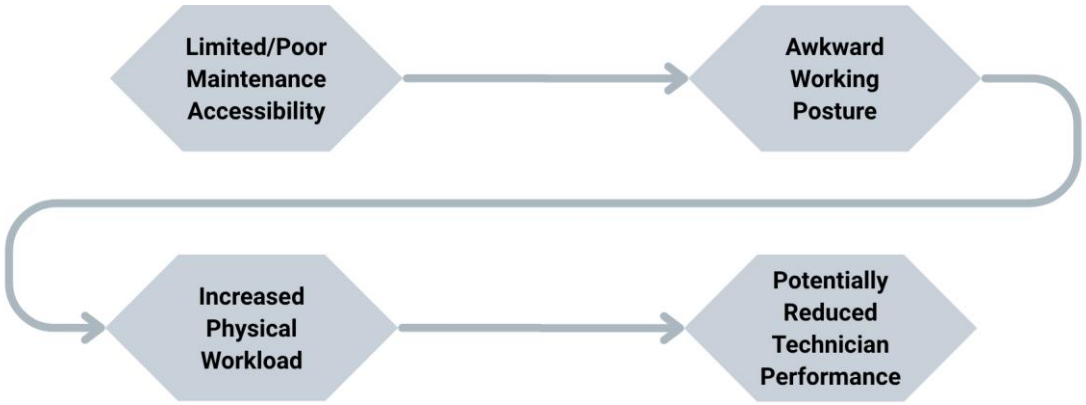



**Figure 1.** The conceptual relationship between Limited/Poor Maintenance Accessibility, Awkward Working Posture, Increased Physical Workload and Potentially Reduced Technician Performance

When accessibility is poor or non-ergonomic, technicians are forced into awkward, non-neutral working postures to reach target components. These compromised postures significantly increase static physical workload and localized muscular strain. As fatigue accumulates, technician performance characterized by manual dexterity, attention to detail, torque accuracy, and procedural compliance can be compromised. Conversely, providing optimized accessibility through engineered docking structures may support more stable working postures and may help reduce physical workload, thereby creating a supportive physical environment for reliable technician performance and maintenance safety. for reliable technician performance and maintenance safety.

## 3. AIRCRAFT MAINTENANCE DOCK SYSTEMS

An aircraft maintenance dock system is a multi-level, engineered structural work platform designed to conform closely to aircraft geometry. Its primary function is to support and facilitate safe, ergonomic, and continuous access for technicians to elevated or complex zones during heavy maintenance, base inspection, and structural overhaul operations. Unlike generic staging, docking systems can establish an integrated, high stability work environment equipped with utilities, safety barriers, and organized tool placement.

### 3.1. Docking Architectures by Aircraft Zones

Docking architectures are generally configured to target specific structural sections of an aircraft, depending on the scope of maintenance required. A nose dock typically encloses the cockpit, radome, and forward avionics bays, which is designed to facilitate windshield replacements and radar maintenance operations. Similarly, a wing dock spans the main wing structure, engines, and pylons, offering broad access that can support fuel tank inspections and flight control surface servicing. For cabin level operations, a fuselage dock is intended to provide longitudinal, elevated access along the main cabin shell, supporting activities such as skin repair, insulation replacement, and emergency exit maintenance. At greater elevations, a tail dock extends across multi tier vertical and horizontal stabilizers, tailcones, and auxiliary power unit compartments. Finally, a complete aircraft dock functions as a fully integrated, facility wide complex designed to envelop the aircraft, which may enable simultaneous multi zone heavy maintenance tasks.

### 3.2. Dock System Configurations

From a design perspective, docking systems range from fixed platforms, which are permanently anchored to hangar floors for dedicated fleet operations, to mobile, modular, and adjustable systems. Mobile and modular configurations utilize lightweight structural framing, height

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

adjustment mechanisms, and interchangeable modules to adapt to diverse aircraft geometries while optimizing space in multi aircraft hangars.

### 3.3. Safety-Related Design Characteristics

The structural integrity and functional safety of a maintenance dock rely on key engineering design categories. First, structural stability and load capacity are provided through robust framing engineered to support dynamic human loads, heavy tooling, and component placement, which may reduce the risk of structural flexure or tipping during operations. Second, fall and access safety features, including full height perimeter handrails, mid rails, toe boards, and standardized stairs with uniform step geometry, can help reduce technician exposure to fall hazards and may facilitate safer ascent and descent while carrying equipment. Furthermore, ergonomic compatibility can be supported by high friction perforated surfaces that may improve footing and lessen the likelihood of slipping, alongside adjustable height mechanisms and soft touch buffer bumpers along contact edges that can help technicians maintain appropriate working elevations while protecting the aircraft skin from accidental contact damage. Finally, mobility and modularity are enabled through industrial wheel assemblies, locking mechanisms, and modular quick connect joints, which may allow for safe repositioning, rapid hangar setup, and flexible space utilization across varying maintenance tasks.

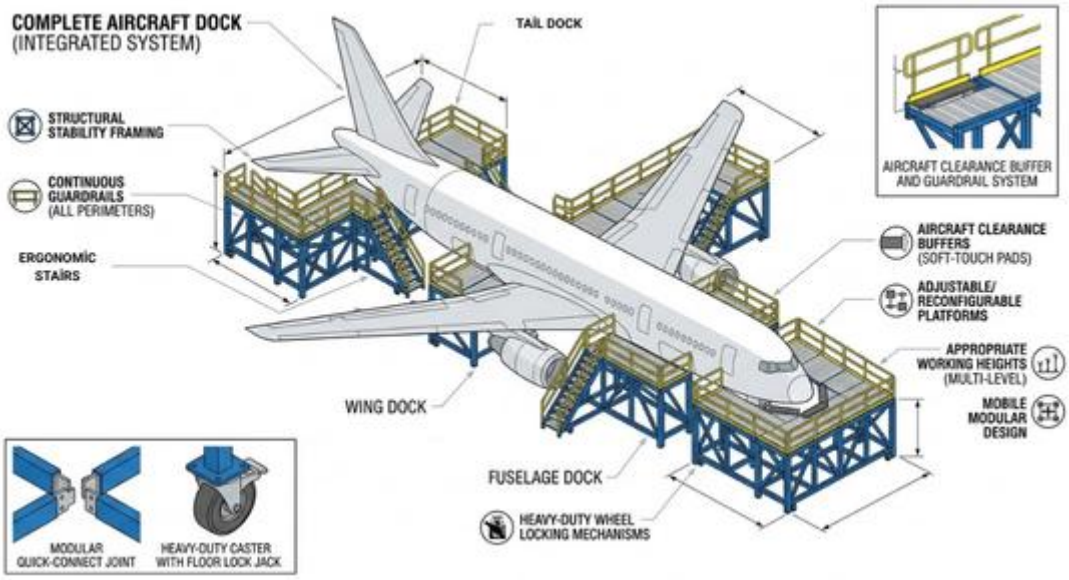



**Figure 2.** Integrated modular aircraft maintenance dock system overview illustrating zonal dock classifications and safety features.(Author's own work)

## 4. THE ROLE OF DOCK SYSTEMS IN MAINTENANCE SAFETY

The integration of tailored aircraft maintenance dock systems into hangar operations serves as a structural mediator between technician physical capabilities and complex Aircraft geometries. Synthesizing principles of structural engineering, occupational safety, ergonomics, and human reliability, the functional role of docking systems can be theoretically evaluated across four primary domains: physical safety, ergonomics, human factors, and maintenance effectiveness.

### 4.1. Physical Safety

Working at height may represent one of the primary physical hazard categories in aircraft maintenance environments (Desai & Mital, 2006; ICAO, 2003). Conventional means of reaching elevated zones, such as standalone ladders or non-dedicated temporary scaffolding,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

can introduce operational hazards associated with instability, limited footing area, and structural tip over risk (Desai & Mital, 2006). Dedicated maintenance dock systems may address these challenges by providing stable, wide area working surfaces (Sudarshana et al., 2016). The integration of full-perimeter guardrails, toe boards, and mid-rails along elevated platform edges may lessen technician exposure to fall hazards during high-elevation tasks (Desai & Mital, 2006). Furthermore, utilizing anti slip perforated metal decking or specialized composite surfaces may help reduce the incidence of slipping and tripping that might otherwise be caused by fluid accumulation, such as hydraulic oil, fuel residue, or cleaning solvents (Desai & Mital, 2006). Finally, fixed or lockable stairways with uniform step tread dimensions may facilitate safer ascent and descent when technicians carry specialized tools or replacement components (Sudarshana et al., 2016).

### 4.2. Ergonomics

Aircraft maintenance procedures may frequently require extended tasks in awkward or non-neutral postures due to the compound curves of fuselages, high wing undersides, and tail configurations (Desai & Mital, 2006). The static loading of human musculature during prolonged periods of stooping, overhead reaching, or hyperextension may contribute to physical fatigue and musculoskeletal strain (Desai & Mital, 2006). Maintenance docks designed with adjustable height mechanisms, contoured platform edges, and soft-touch aircraft buffers may allow technicians to establish a more suitable working height and distance relative to the aircraft (Sudarshana et al., 2016; Tao & Hansman, 2016). By bringing the technician into closer alignment with the work zone, dock architectures may reduce the necessity for excessive forward bending or static overhead reaching, may support more neutral spinal and shoulder alignments during mechanical adjustments, and may lessen physical workload and localized muscle discomfort, potentially enabling more controlled mechanical interactions (Desai & Mital, 2006; Sudarshana et al., 2016).

### 4.3. Human Factors

Maintenance errors may often be influenced by operational inputs conditioned by environmental stressors, physical fatigue, and workspace disorganization rather than isolated cognitive failures (Marx & Graeber, 1997). Adverse workplace conditions and physical discomfort may deplete cognitive resources, which can may affect task attention, situational awareness, and procedural compliance (Marx & Graeber, 1997). A structured and expansive docking platform establishes a working environment that may address several underlying human factors. Regarding fatigue mitigation, lessening the physical strain of maintaining balance on narrow ladder rungs or working in strained postures may help reduce physical fatigue and secondary cognitive tiredness (Marx & Graeber, 1997). In terms of cognitive load and focus, by providing a stable and secure footing, technicians may be able to direct greater cognitive focus toward procedural accuracy, torque specifications, and critical inspections rather than spatial orientation and balance maintenance (Desai & Mital, 2006; Marx & Graeber, 1997). Finally, regarding environmental organization, an ample platform area may allow for better organized local work zones, which may lower clutter and the psychological friction associated with restricted or disorganized workspaces (Marx & Graeber, 1997).

### 4.4. Maintenance Effectiveness

The operational efficacy of maintenance procedures may be closely tied to how easily personnel can reach, inspect, and service aircraft components (Desai & Mital, 2006). Restricted accessibility may contribute to extended task duration, increased difficulty in applying visual inspection standards, or challenges in positioning heavy servicing equipment (Desai & Mital, 2006; Sudarshana et al., 2016). Reconfigurable and zone specific docking platforms may

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

support the overall operational workflow in several ways. Localized utility hookups, such as pneumatic lines or electrical outlets, alongside dedicated tool placement shelves on the platform surface, may minimize unnecessary movement up and down elevated structures, thereby facilitating tool accessibility (Desai & Mital, 2006). Additionally, expansive platform decking may allow multiple specialists to perform concurrent inspection and repair tasks within the same zone without spatial interference (Liu et al., 2023; Sudarshana et al., 2016). Finally, elevating technicians to eye-level alignment with critical joints, fasteners, and flight control surfaces may provide improved conditions for thorough visual and non-destructive testing evaluations (Desai & Mital, 2006; Tao & Hansman, 2016).

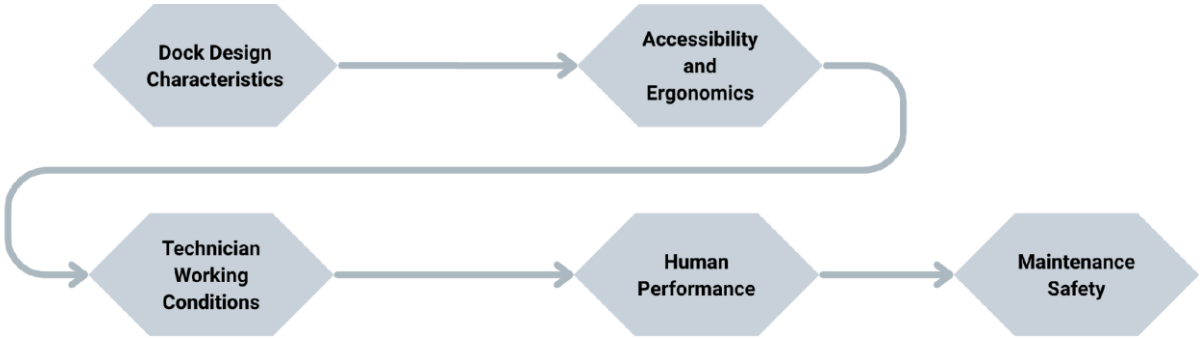
To summarize how specific engineering attributes correspond to operational maintenance considerations and safety outcomes, the theoretical relationship is mapped in Table 1.

| Design characteristic | Maintenance consideration | Potential safety contribution |
|---|---|---|
| Stable working platform | Working at height | Improved technician stability |
| Guardrails | Fall exposure | Protection at elevated working areas |
| Adjustable working height | Working posture | Reduced excessive reaching |
| Anti-slip surface | Slipping | Improved footing |
| Modularity | Different maintenance tasks | Improved task-specific accessibility |
| Mobility | Hangar operations | Flexible positioning |
| Aircraft-compatible geometry | Component accessibility | Improved access to maintenance areas |

**Table 1.** Dock design characteristic, maintenance consideration, and potential safety contribution

### 4.5. Conceptual Framework Summary

Synthesizing the theoretical relationships evaluated in this study, the contribution of aircraft maintenance dock systems to overall maintenance safety can be conceptually represented as a progressive functional chain:



ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Figure 3.** Conceptual framework linking maintenance dock design and maintenance safety

Based on the theoretical relationships discussed in the literature, this study proposes a conceptual framework linking dock design characteristics with accessibility and ergonomics, technician working conditions, human performance, and maintenance safety. The framework suggests that safety-oriented dock design characteristics, such as structural stability, guardrails, and geometric adaptability, may support safer and more ergonomic access to aircraft maintenance areas. Improved accessibility and ergonomic conditions may, in turn, contribute to more appropriate technician working conditions by reducing physical strain and exposure to workplace hazards. These conditions may support human performance and, consequently, contribute to maintenance safety.

## 5. CONCLUSION

Aircraft maintenance operations require structural platforms that bridge the functional gap between human physical capabilities and complex aircraft geometries. This study theoretically evaluated the role of maintenance dock systems in aircraft maintenance safety by integrating principles of accessibility, ergonomics, workplace conditions, and human performance.

The main conclusion emerging from this conceptual evaluation is that aircraft maintenance docks should not be evaluated merely as passive physical access equipment or defined solely by baseline structural load capacity. Instead, they can be considered an engineering interface that may influence accessibility, technician working posture, physical workload, and overall working conditions.cognitive focus, and overall workplace safety. Safe dock design requires a multidisciplinary approach that simultaneously incorporates accessibility, ergonomics, and human factors parameters to support technician task execution and minimize operational hazards.

Furthermore, given the diverse geometric profiles of modern aircraft and the varying operational requirements of base maintenance tasks, modular, adjustable, and reconfigurable maintenance dock systems represent a crucial domain for future research and engineering application. By providing a more structured and ergonomically appropriate working environment with suitable working height adjustments, maintenance dock systems may help reduce physical workload, lessen exposure to working-at-height hazards, and support technician performance. As this study is based on a conceptual evaluation of the literature, the proposed relationships should be further examined through aircraft-specific design studies and experimental validation. Future research should investigate the structural design and empirical performance of adaptable maintenance dock systems developed for specific aircraft categories and maintenance scopes.

## REFERENCES

Desai, A. ve Mital, A., Design for maintenance: Basic concepts and review of literature, International Journal of Product Development, 3(1), 77–121, 2006.

Liu, G., Guo, R. ve Chen, J., A scheduling model of civil aircraft maintenance stand based on spatiotemporal constraints, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 95 (10), 1518–1530, 2023.

Marx, D. A. ve Graeber, R. C., Human error in aircraft maintenance, Johnston, N., McDonald, N. ve Fuller, R. (Editörler), Aviation Psychology in Practice, 1. baskı, 18–44, Routledge, 1997.

Sudarshana, S. A., Kulasekera, A. L. ve Jayaweera, N. D., A novel reconfigurable supporting structure for aircraft maintenance applications, Proceedings of the 2016 Manufacturing & Industrial Engineering Symposium (MIES) DOI: 10.1109/MIES.2016.7779992

Tao, T. S. ve Hansman, R. J., Design and performance of a flexible aircraft manufacturing platform, AIAA Aviation Forum (AIAA 2016-1526), American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2016.

International Civil Aviation Organization. (2003). *Human factors guidelines for aircraft maintenance manual* (Doc 9824, 1st ed.). International Civil Aviation Organization.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MANDİBULAR ANTERİOR BÖLGEDEKİ MUKOGİNGİVAL DEFEKTLERİN SERBEST DİŞETİ GREFTİ İLE TEDAVİSİ: BİR VAKA SERİSİ

**Uzman Dt. Akın Halil KOYUNCU**
Beylikdüzü Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi
akinhalilkoyuncu@gmail.com - 0009-0007-6984-2926

## ÖZET

**Amaç:** Serbest dişeti grefti (SDG), özellikle yetersiz keratinize doku genişliği ve olumsuz mukogingival anatomik koşulların bulunduğu bölgelerde keratinize doku miktarını artırmak amacıyla kullanılan öngörülebilir periodontal plastik cerrahi yöntemlerinden biridir. Bu vaka serisinin amacı, mandibular anterior bölgede mukogingival defektleri bulunan dört hastada uygulanan SDG'nin klinik uygulamasını ve tedavi sonuçlarını sunmaktır.

**Olgu Sunumları:** Mandibular anterior bölgede dişeti çekilmesi, yetersiz keratinize doku, hassasiyet ve/veya diş fırçalama sırasında ağrı şikâyeti bulunan dört hasta değerlendirildi. Etkilenen bölgeler 31 ve/veya 41 numaralı dişlerdi. Klinik gereksinimler doğrultusunda keratinize doku miktarını artırmak ve yumuşak doku devamlılığını sağlamak amacıyla SDG uygulandı. Lokal anestezi altında alıcı yatak hazırlandı, palatinal bölgeden elde edilen serbest dişeti greftleri alıcı bölgelere adapte edilerek süturlarla stabilize edildi. Bir olguda, açıkta kalan kök yüzeyinin yönetimi amacıyla pedikül bağ dokusu grefti ile SDG'nin birlikte uygulandığı modifiye bir cerrahi yaklaşım tercih edildi. Postoperatif değerlendirmelerde tüm olgularda keratinize dişeti miktarında artış, hassasiyet ve diş fırçalama sırasında bildirilen ağrıda tamamen düzelme gözlendi. Kök yüzeyi ekspozisyonu bulunan bazı olgularda belirgin kök örtülmesi de elde edildi.

**Sonuç:** Serbest dişeti grefti, mandibular anterior bölgede yetersiz keratinize doku ve eşlik eden mukogingival problemlerin tedavisinde etkili bir cerrahi seçenek olabilir. Başarılı sonuçlar için uygun vaka seçimi, alıcı yatağın doğru hazırlanması ve greftin yeterli boyut, kalınlık ve stabilizasyonunun sağlanması büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Serbest dişeti grefti; keratinize doku; dişeti çekilmesi; mukogingival cerrahi; periodontal plastik cerrahi.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MAKSİLLADA PROTEZE BAĞLI YAYGIN HİPERPLAZİNİN CERRAHİ EKSİZYON VE SERBEST DİŞETİ GREFTİ İLE YÖNETİMİ: BİR OLGU SUNUMU

**Uzman Dt. Akın Halil KOYUNCU**
Beylikdüzü Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi
akinhalilkoyuncu@gmail.com - 0009-0007-6984-2926

## ÖZET

**Amaç:** Protez kaynaklı hiperplazi, ağız vestibüler mukozasına aşırı ve kronik mekanik basınç uygulanması sonucu oluşan reaktif bir lezyondur.Çoğunlukla maksillada ortaya çıkar. Lezyonun boyutu birkaç milimetreden tüm vestibülü kapsayan büyük lezyonlara kadar değişebilir.Bu olgu raporunda orta yaşlı bir kadın hastada sağ ve sol üst maksilla bukkal vestibülünde protez kaynaklı hiperplazinin cerrahi eksizyonu ve sığ vestibul sulkusu derinleştirip keratinize doku kalınlığını arttırmak amacıyla yapılan serbest dişeti grefti operasyonu sunulmuştur.

**Olgu:** 58 yaşında sistemik olarak sağlıklı, sigara kullanmayan kadın hasta, 1 yıldır çiğnerken ağrı şikayetiyle kliniğimize başvurdu. Ağız içi muayenede, sağ ve sol üst çene yanak boşluğunda, sağ yan kesici diş bölgesinden sol ikinci azı diş bölgesine kadar uzanan ve üst çene protezinin kenar kısmının doku kıvrımları arasına oturduğu çok sayıda hiperplastik doku kıvrımı görüldü.Öykü ve klinik muayeneye dayanarak, protez kaynaklı hiperplazi ön tanısı konuldu. Hastaya protez takmaması söylendi. Lezyonun büyüklüğü değerlendirildikten sonra, ilgili bölge boyunca cerrahi rezeksiyon planlandı. Dokuya %2 adrenalin içeren lokal anestezi uygulandı.15 numaralı cerrahi bıçak kullanılarak lezyon boyunca kama şeklinde bir rezeksiyon hattı oluşturuldu. Rezeksiyon ilgili bölgedeki frenulum dahil olacak şekilde gerçekleştirildi.daha sonra keratinize doku bandı miktarını arttırmak amacıyla Palatinal bölgeden alınan serbest dişeti grefti alıcı bölgeye yerleştirildi. Greftin adaptasyonunu ve stabilizasyonunu sağlamak için 5/0 prolen süturlar atıldı. İki hafta ve bir aylık postoperatif kontrollerde hastanın şikâyetlerinin ortadan kalktığı ve protetik rehabilitasyona daha uygun bir yumuşak doku morfolojisinin elde edildiği gözlendi.

**Sonuç:** Protez kaynaklı yaygın hiperplazinin başarılı bir şekilde yönetildiği bir vaka sunulmaktadır. Ayrıca Serbest dişeti grefti, maksiller bölgede yetersiz keratinize doku ve eşlik eden mukogingival problemlerin tedavisinde etkili bir cerrahi seçenek olabilir. Protez kaynaklı hiperplazi hastaları, durumun iyi huylu doğası, tedavi seçenekleri ve protezlerin gece takılmamasının önemi konusunda bilgilendirilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Protez hiperplazisi, Protez, Epulis fissuratum, Serbest dişeti grefti, Keratinize doku

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MANDİBULAR ANTERİOR EPULİSİN PREPROTETİK CERRAHİ YÖNETİMİNDE VESTİBÜLER SULKUS MORFOLOJİSİNİN KORUNMASI: OLGU SUNUMU

**Merve GÜRELİ [1] Delil DOĞAN[2]**

**[1] Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, gurelimerve4@gmail.com, 0009-0001-7633-247X**

**[2] Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Özet

Preprotetik yumuşak doku cerrahisinin temel amaçlarından biri, protetik rehabilitasyona uygun anatomik koşulların oluşturulması ve mukogingival morfolojinin korunmasıdır. Lokalize reaktif lezyonların cerrahi eksizyonu sonrası gelişebilecek doku kontraksiyonu, özellikle mandibular anterior bölgede vestibüler sulkus derinliğinin azalmasına ve protetik destek alanının olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Bu olguda, epulis eksizyonuyla eş zamanlı olarak vestibüler sulkus morfolojisinin korunmasına yönelik uygulanan preprotetik cerrahi yaklaşım sunulmaktadır.

Elli beş yaşında, diabetes mellitus öyküsü bulunan ve sigara kullanan erkek hasta, protetik rehabilitasyon planlaması sırasında mandibular anterior bölgede tespit edilen lokalize yumuşak doku lezyonunun değerlendirilmesi amacıyla Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı tarafından kliniğimize yönlendirildi. Klinik değerlendirme sonucunda epulis ile uyumlu lezyonun cerrahi olarak uzaklaştırılmasına karar verildi. Lokal anestezi altında lezyon eksize edildi. Eksizyon sonrasında oluşan yumuşak doku defektinin primer olarak kapatılmasının vestibüler sulkusta sığlaşmaya yol açabileceği öngörülerek, mevcut vestibüler derinliğin ve sulkus morfolojisinin korunmasına yönelik cerrahi düzenleme gerçekleştirildi. Yumuşak dokular vestibüler derinliği koruyacak şekilde konumlandırılarak 4-0 ipek sütür materyali ile stabilize edildi. Hastaya postoperatif döneme ilişkin gerekli önerilerde bulunuldu.

Postoperatif takiplerde yara iyileşmesinin komplikasyonsuz olarak gerçekleştiği gözlendi. Cerrahi alanın iyileşmesini takiben yapılan klinik değerlendirmede vestibüler sulkus derinliğinin korunduğu ve belirgin bir vestibüler sığlaşma meydana gelmediği tespit edildi.

Bu olgu, protetik rehabilitasyon planlanan hastalarda epulis eksizyonunun yalnızca lezyonun uzaklaştırılmasına yönelik bir işlem olarak değerlendirilmemesi gerektiğini; cerrahi

sonrası oluşabilecek mukogingival morfolojik değişikliklerin de tedavi planlamasında dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Lezyon eksizyonuyla eş zamanlı olarak vestibüler sulkus morfolojisinin korunmasına yönelik gerçekleştirilen cerrahi düzenleme, postoperatif vestibüler sığlaşmanın sınırlandırılmasına ve sonraki protetik rehabilitasyon için daha elverişli bir yumuşak doku anatomisinin sürdürülmesine katkı sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** epulis, preprotetik cerrahi, vestibüler sulkus, vestibüler derinlik, yumuşak doku yönetimi

## PRESERVATION OF VESTIBULAR SULCUS MORPHOLOGY IN THE PREPROSTHETIC SURGICAL MANAGEMENT OF MANDIBULAR ANTERIOR EPULIS: A CASE REPORT

**Merve GÜRELİ[1] Delil DOĞAN[2]**

**[1] Fırat University, Department of Periodontology, gurelimerve4@gmail.com,**

**0009-0001-7633-247X**

**[2] Fırat University, Department of Periodontology, dlldgn23@gmail.com,**

**ORCID: 0009-0003-5606-2817**

### Abstract

Preprosthetic soft tissue surgery aims to establish favorable anatomical conditions for prosthetic rehabilitation while preserving the existing mucogingival morphology. Tissue contraction following surgical excision of localized reactive lesions may reduce vestibular sulcus depth, particularly in the mandibular anterior region, and negatively affect the available prosthetic support area. In this case, a preprosthetic surgical approach aimed at preserving vestibular sulcus morphology was performed simultaneously with epulis excision.

A 55-year-old male patient with a history of diabetes mellitus and active tobacco use was referred to the Department of Periodontology by the Department of Prosthodontics for evaluation of a localized soft-tissue lesion identified in the mandibular anterior region during treatment planning for prosthetic rehabilitation. Following clinical evaluation, surgical excision of the lesion, clinically consistent with an epulis, was planned. The lesion was excised under local anesthesia. As primary closure of the resulting soft-tissue defect was anticipated to cause shallowing of the vestibular sulcus, the surgical site was subsequently managed with the

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

objective of maintaining the pre-existing vestibular depth and sulcus morphology. The soft tissues were positioned to preserve vestibular depth and stabilized using 4-0 silk sutures. Appropriate postoperative instructions were provided.

Postoperative follow-up demonstrated uneventful wound healing without clinically evident complications. Subsequent clinical evaluation of the surgical site confirmed preservation of vestibular sulcus depth, with no appreciable postoperative shallowing of the vestibule.

This case highlights that, in patients scheduled for prosthetic rehabilitation, surgical management of an epulis should not be regarded solely as a procedure aimed at lesion removal; potential postoperative alterations in mucogingival morphology should also be incorporated into surgical treatment planning. Concomitant surgical management aimed at preserving vestibular sulcus morphology during lesion excision may minimize postoperative vestibular shallowing and facilitate the maintenance of a more favorable soft-tissue architecture for subsequent prosthetic rehabilitation.

**Keywords:** epulis, preprosthetic surgery, vestibular sulcus, vestibular depth, soft-tissue management

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# YÜKSEK MAKSİLLER LABİAL FRENULUM ATAŞMANININ CERRAHİ YÖNETİMİ VE MUKOGİNGİVAL MORFOLOJİNİN OPTİMİZASYONU: OLGU SUNUMU

**Merve GÜRELİ [1] Delil DOĞAN[2]**

**[1] Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, gurelimerve4@gmail.com, 0009-0001-7633-247X**

**[2] Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Özet

Maksiller labial frenulumun ataşman seviyesi ve morfolojik özellikleri, anterior bölgedeki periodontal dokuların anatomik ve fonksiyonel bütünlüğünün sürdürülmesinde önem taşımaktadır. Frenal liflerin yapışık dişeti ve interdental bölgeye kadar uzandığı yüksek frenal ataşmanlar, fonksiyonel dudak hareketleri sırasında marjinal periodontal dokular üzerinde mekanik gerilim oluşturarak mukogingival doku stabilitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu anatomik ilişkinin cerrahi olarak düzeltilmesinde yüzeyel frenal dokunun eksizyonuna ek olarak derin fibröz ve musküler ataşmanların serbestleştirilmesi, rezidüel doku geriliminin azaltılması ve postoperatif dönemde stabil bir mukogingival morfolojinin elde edilmesi açısından önemlidir. Bu olgu sunumunun amacı, maksiller anterior bölgede interdental alana kadar uzanan yüksek labial frenal ataşmanın cerrahi yönetiminin ve üç aylık postoperatif dönemde mukogingival doku stabilitesinin değerlendirilmesidir.

Sistemik olarak sağlıklı 22 yaşındaki kadın hastanın klinik muayenesinde, maksiller labial frenulumun 11 ve 21 numaralı dişlerin marjinal gingivaları arasındaki interdental bölgeye kadar uzanan yüksek ataşman gösterdiği tespit edildi. Klinik değerlendirme doğrultusunda frenal ataşmanın eliminasyonu ve bölgedeki yumuşak doku geriliminin azaltılması amacıyla cerrahi tedavi planlandı. Lokal anestezi altında frenulum eksize edildikten sonra, cerrahi sahadaki fibröz ve musküler ataşmanlar serbestleştirilerek vestibüler dokuların mobilizasyonu sağlandı. Rezidüel frenal ve musküler çekimin giderilmesinin ardından cerrahi alan uygun anatomik pozisyonda adapte edildi ve 4-0 ipek sütür materyali kullanılarak sütüre edildi. Hastaya postoperatif bakım ve yara iyileşmesine yönelik gerekli önerilerde bulunuldu.

Postoperatif takiplerde yara iyileşmesinin komplikasyonsuz olarak gerçekleştiği gözlendi. Üç aylık klinik değerlendirmede cerrahi bölgenin stabil şekilde iyileştiği, frenal ataşmana bağlı yumuşak doku geriliminin ortadan kalktığı ve elde edilen mukogingival doku morfolojisinin korunduğu izlendi.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Bu olgu, interdental bölgeye kadar uzanan yüksek maksiller labial frenal ataşmanların cerrahi yönetiminde yalnızca frenulumun eksizyonunun değil, eşlik eden fibröz ve musküler ataşmanların yeterli düzeyde serbestleştirilmesinin de önemini ortaya koymaktadır. Frenal ve musküler çekimin eliminasyonuna yönelik kapsamlı cerrahi yaklaşım, mukogingival dokular üzerindeki fonksiyonel gerilimin azaltılmasına ve postoperatif dönemde stabil yumuşak doku mimarisinin korunmasına katkı sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** maksiller labial frenulum, yüksek frenal ataşman, frenektomi, mukogingival cerrahi, yumuşak doku stabilitesi

## SURGICAL MANAGEMENT OF A HIGH MAXILLARY LABIAL FRENULUM ATTACHMENT AND OPTIMIZATION OF MUCOGINGIVAL MORPHOLOGY: A CASE REPORT

**Merve GÜRELİ[1] Delil DOĞAN[2]**

**[1] Fırat University, Department of Periodontology, gurelimerve4@gmail.com,**

**0009-0001-7633-247X**

**[2] Fırat University, Department of Periodontology, dlldgn23@gmail.com,**

**ORCID: 0009-0003-5606-2817**

### Abstract

The level of attachment and morphological characteristics of the maxillary labial frenum are important anatomical determinants in maintaining the structural and functional integrity of the periodontal tissues in the anterior region. High frenal attachments, in which frenal fibers extend into the attached gingiva and interdental region, may exert mechanical tension on the marginal periodontal tissues during functional lip movements, potentially compromising mucogingival tissue stability. In the surgical correction of such anatomical conditions, adequate release of the underlying fibrous and muscular attachments, in addition to excision of the superficial frenal tissue, is essential for minimizing residual tissue tension and establishing a stable postoperative mucogingival architecture. This case report aimed to present the surgical management of a high maxillary labial frenal attachment extending into the

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

interdental region and to evaluate the stability of the mucogingival tissues over a three-month postoperative follow-up period.

A systemically healthy 22-year-old female patient presented with a high maxillary labial frenal attachment extending into the interdental region between the marginal gingivae of teeth 11 and 21. Following clinical evaluation, surgical intervention was planned to eliminate the aberrant frenal attachment and reduce the associated soft-tissue tension. Under local anesthesia, the frenum was excised, followed by careful release of the underlying fibrous and muscular attachments to achieve adequate mobilization of the vestibular tissues. After elimination of residual frenal and muscular tension, the surgical site was adapted in an anatomically appropriate position and secured with 4-0 silk sutures. Appropriate postoperative instructions regarding wound care and healing were provided.

Postoperative follow-up revealed uneventful wound healing without clinically evident complications. At the three-month clinical evaluation, the surgical site demonstrated stable healing, with elimination of frenal attachment-associated soft-tissue tension and preservation of the established mucogingival tissue morphology.

This case highlights the importance of addressing not only the superficial frenal component but also the associated fibrous and muscular attachments in the surgical management of a high maxillary labial frenal attachment extending into the interdental region. A comprehensive surgical approach aimed at eliminating frenal and muscular tension may contribute to reducing functional stress on the mucogingival tissues and maintaining a stable soft-tissue architecture during the postoperative period.

**Keywords:** maxillary labial frenum, high frenal attachment, frenectomy, mucogingival surgery, soft-tissue stability

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MAKSİLLER ANTERİOR BÖLGEDE LOKALİZE REAKTİF GİNGİVAL LEZYONUN CERRAHİ YÖNETİMİ: PİYOJENİK GRANÜLOM OLGUSU

**Ahmet Mehdi SEMUR[1] ,Delil DOĞAN[2]**
**[1]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, mehdi.semur@gmail.com,**
**ORCID:0009-0006-9670-5620**
**[2]Fırat Üniversitesi , Periodontoloji , dlldgn23@gmail.com, ORCID:0009-0003-5606-2817**

## Özet

Piyojenik granülom, oral kavitede lokal irritanlar, travma ve kronik inflamatuvar uyaranlarla ilişkili olarak gelişebilen benign reaktif yumuşak doku lezyonlarından biridir. Klinik olarak genellikle kırmızı renkli, kolay kanayan ve lokalize büyüme gösteren bir kitle şeklinde izlenmektedir. Gingivada gelişen piyojenik granülomların tedavisinde lezyonun cerrahi olarak uzaklaştırılması ve ilişkili lokal etiyolojik faktörlerin eliminasyonu önem taşımaktadır.

Koroner stent öyküsü bulunan ve asetilsalisilik asit (Coraspin) kullanan 55 yaşındaki erkek hasta, maksiller 22 ve 23 numaralı dişler bölgesinde şişlik ve kanama şikâyetiyle kliniğimize başvurdu. Klinik ve radyografik değerlendirmede 22 ve 23 numaralı dişlerin proksimal bölgesinde gingival yumuşak doku lezyonu tespit edildi ve piyojenik granülom ön tanısı konuldu. İlgili dişlerin çekimi ve lezyonun eş zamanlı cerrahi eksizyonu planlandı. Asetilsalisilik asit kullanımı cerrahi işlemden iki gün önce kesildi. Lokal anestezi altında 22 ve 23 numaralı dişlerin çekimleri gerçekleştirildi ve ardından lezyon cerrahi olarak eksize edildi. Kanama kontrolünün sağlanmasının ardından cerrahi alan 4/0 ipek sütür kullanılarak primer olarak kapatıldı. Hastaya gerekli postoperatif medikasyon ve öneriler verildi. İki hafta sonra sütürler uzaklaştırıldı ve klinik kontrolde yara iyileşmesinin sorunsuz şekilde ilerlediği gözlendi.

Bu olguda, maksiller anterior bölgede lokalize piyojenik granülomun ilişkili dişlerin çekimiyle eş zamanlı olarak cerrahi eksizyonu gerçekleştirilmiş ve postoperatif dönemde sorunsuz yumuşak doku iyileşmesi elde edilmiştir. Gingival reaktif lezyonların yönetiminde lezyonun cerrahi olarak uzaklaştırılması ve ilişkili lokal faktörlerin eliminasyonu, uygun olgularda etkili bir tedavi yaklaşımı olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler**: piyojenik granülom, gingiva, reaktif lezyon, cerrahi eksizyon, diş çekimi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SURGICAL MANAGEMENT OF A LOCALIZED REACTIVE GINGIVAL LESION IN THE MAXILLARY ANTERIOR REGION: A CASE OF PYOGENIC GRANULOMA

**Ahmet Mehdi SEMUR[1] , Delil DOĞAN[2]**
**[1]Fırat University, Department of Periodontology, mehdi.semur@gmail.com,**
**ORCID: 0009-0006-9670-5620**
**[2]Fırat University , Department of Periodontology , dlldgn23@gmail.com,**
**ORCID:0009-0003-5606-2817**

## Abstract

Pyogenic granuloma is a benign reactive soft tissue lesion of the oral cavity that may develop in association with local irritants, trauma, and chronic inflammatory stimuli. Clinically, it typically presents as a localized, red-colored mass that bleeds easily. Surgical removal of the lesion and elimination of associated local etiological factors are important in the management of gingival pyogenic granulomas.

A 55-year-old male patient with a history of coronary stent placement and receiving acetylsalicylic acid (Coraspin) presented to our clinic with swelling and bleeding in the region of maxillary teeth 22 and 23. Clinical and radiographic examination revealed a gingival soft tissue lesion in the proximal region of teeth 22 and 23, and a preliminary diagnosis of pyogenic granuloma was established. Extraction of the involved teeth and simultaneous surgical excision of the lesion were planned. Acetylsalicylic acid therapy was discontinued two days before the surgical procedure. Under local anesthesia, teeth 22 and 23 were extracted, followed by surgical excision of the lesion. After achieving hemostasis, the surgical site was primarily closed using 4/0 silk sutures. Appropriate postoperative medication and instructions were provided. The sutures were removed two weeks later, and clinical examination revealed uneventful wound healing.

In this case, a localized pyogenic granuloma in the maxillary anterior region was surgically excised simultaneously with extraction of the associated teeth, resulting in uneventful postoperative soft tissue healing. Surgical removal of the lesion together with elimination of associated local factors may be considered an effective treatment approach in appropriately selected cases of reactive gingival lesions.

**Keywords**: Pyogenic granuloma, gingiva, reactive lesion, surgical excision, tooth extraction

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MAKSİLLER LABİAL MUKOZADA LOKALİZE MUKOSELİN CERRAHİ YÖNETİMİ VE HİSTOPATOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİ: OLGU SUNUMU

**Ahmet Mehdi SEMUR[1] ,Delil DOĞAN[2]**

**[1]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, mehdi.semur@gmail.com, ORCID:0009-0006-9670-5620**
**[2]Fırat Üniversitesi , Periodontoloji , dlldgn23@gmail.com, ORCID:0009-0003-5606-2817**

## Özet

Mukoseller, minör tükürük bezlerinin duktal yapılarının travma veya obstrüksiyona bağlı olarak etkilenmesi sonucunda oral mukozada gelişebilen benign lezyonlardır. Klinik olarak genellikle lokalize, fluktuan ve asemptomatik şişlik şeklinde izlenmekle birlikte lezyonun lokalizasyonu ve boyutuna bağlı olarak ağrı veya fonksiyonel rahatsızlığa neden olabilir. Klinik ön tanının histopatolojik inceleme ile doğrulanması, benzer görünüme sahip yumuşak doku lezyonlarından ayırıcı tanı açısından önem taşımaktadır.

Sistemik hastalık öyküsü bulunmayan 67 yaşındaki erkek hasta, üst dudak bölgesinde şişlik ve ağrı şikâyetiyle kliniğimize başvurdu. Klinik ve radyografik değerlendirme sonucunda üst dudağın iç yüzünde lokalize yumuşak doku şişliği tespit edildi ve mukosel ön tanısıyla lezyonun cerrahi eksizyonuna karar verildi. Lezyon üzerinde yüzeyel bir insizyon gerçekleştirildikten sonra kontrollü diseksiyonla ilerlenerek lezyon sınırları ortaya çıkarıldı ve lezyon eksize edildi. Primer kapatmanın sağlanabilmesi amacıyla yara kenarları çevre dokulardan serbestleştirildi ve cerrahi alan rezorbe olabilen sütür materyali kullanılarak primer olarak kapatıldı. Eksize edilen doku örneği %10 formaldehit solüsyonuna alınarak histopatolojik incelemeye gönderildi. Histopatolojik değerlendirme sonucunda mukosel tanısı doğrulandı.

Bu olgu, labial mukozadaki lokalize yumuşak doku lezyonlarında dikkatli klinik değerlendirmenin, kontrollü cerrahi diseksiyonun ve histopatolojik incelemenin önemini göstermektedir. Eksizyonel cerrahi, uygun olgularda lezyonun tamamen uzaklaştırılmasına olanak sağlarken elde edilen materyalin histopatolojik değerlendirilmesi kesin tanının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Mukosel, labial mukoza, eksizyonel cerrahi, minör tükürük bezi, histopatoloji

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SURGICAL MANAGEMENT AND HISTOPATHOLOGICAL EVALUATION OF A LOCALIZED MUCOCELE OF THE MAXILLARY LABIAL MUCOSA: A CASE REPORT

**Ahmet Mehdi SEMUR[1] , Delil DOĞAN[2]**
**[1]Fırat University, Department of Periodontology, mehdi.semur@gmail.com, ORCID: 0009-0006-9670-5620**
**[2]Fırat University , Department of Periodontology , dlldgn23@gmail.com, ORCID:0009-0003-5606-2817**

## Abstract

Mucoceles are benign lesions of the oral mucosa that may develop as a result of trauma or obstruction affecting the ductal structures of minor salivary glands. Clinically, they usually present as localized, fluctuant, and asymptomatic swellings; however, depending on their location and size, they may cause pain or functional discomfort. Histopathological confirmation of the clinical preliminary diagnosis is important for the differential diagnosis of soft tissue lesions with similar clinical appearances.

A 67-year-old male patient with no history of systemic disease presented to our clinic with swelling and pain in the upper lip region. Clinical and radiographic evaluation revealed a localized soft tissue swelling on the inner surface of the upper lip, and surgical excision was planned with a preliminary diagnosis of mucocele. Following a superficial incision over the lesion, controlled dissection was performed to expose the lesion margins, and the lesion was excised. To achieve primary closure, the wound margins were released from the surrounding tissues, and the surgical site was primarily closed using resorbable suture material. The excised tissue specimen was placed in 10% formaldehyde solution and submitted for histopathological examination. Histopathological evaluation confirmed the diagnosis of mucocele.

This case highlights the importance of careful clinical assessment, controlled surgical dissection, and histopathological examination in the management of localized soft tissue lesions of the labial mucosa. In appropriately selected cases, surgical excision enables complete removal of the lesion, while histopathological evaluation of the excised specimen contributes to establishing a definitive diagnosis.

**Keywords:** Mucocele, labial mucosa, surgical excision, minor salivary gland, histopathology

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# İMPLANT ÇEVRESİ KERATİNİZE DOKU YETERSİZLİĞİNE EŞLİK EDEN YUMUŞAK DOKU ÇEKİLMESİNİN SERBEST DİŞ ETİ GREFTİ İLE CERRAHİ YÖNETİMİ: OLGU SUNUMU

**Emre ARSLAN[1] Delil DOĞAN[2]**

**[1]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji,** e_arslan@firat.edu.tr **, 0009-0003-0295-9186**
**[2]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji,** dlldgn23@gmail.com**, 0009-0003-5606-2817**

## Özet

İmplant çevresindeki keratinize mukoza miktarı ve peri-implant yumuşak doku morfolojisi, implant çevresi dokuların sağlığının ve hasta konforunun sürdürülmesinde önemli rol oynamaktadır. Yetersiz keratinize doku varlığına eşlik eden peri-implant yumuşak doku çekilmesi, abutment veya implant yüzeyinin açığa çıkmasına ve estetik ve fonksiyonel problemlere neden olabilmektedir. Serbest diş eti grefti, keratinize doku miktarının artırılması ve peri-implant yumuşak doku koşullarının iyileştirilmesi amacıyla uygulanabilen mukogingival cerrahi yöntemlerden biridir.

Sistemik hastalık öyküsü bulunmayan 25 yaşındaki kadın hasta, 35 numaralı diş bölgesine üç yıl önce yerleştirilen implant çevresindeki diş eti çekilmesi şikâyetiyle kliniğimize başvurdu. Klinik ve radyolojik değerlendirmede implant çevresinde keratinize doku yetersizliği ile birlikte yumuşak doku çekilmesi ve abutment yüzeyinde ekspozisyon tespit edildi. Bölgenin serbest diş eti grefti ile tedavisine karar verildi. Alıcı yatak yarım kalınlıklı flep hazırlanarak oluşturuldu. Palatinal donör bölgeden epiteli içeren serbest diş eti grefti elde edilerek alıcı yatağa adapte edildi ve 6/0 polipropilen sütürlerle sabitlendi. Hastaya postoperatif medikasyon ve öneriler verildi. Sütürler üçüncü haftada uzaklaştırıldı ve birinci ve üçüncü aylarda klinik kontroller gerçekleştirildi.

Üç aylık takip sonucunda greftin alıcı bölgeyle uyumlu iyileşme gösterdiği ve çekilme bölgesinde yumuşak doku örtülmesinin sağlandığı gözlendi. Serbest diş eti grefti, peri-implant keratinize doku yetersizliğine eşlik eden yumuşak doku çekilmelerinin yönetiminde doku miktarının artırılması ve peri-implant yumuşak doku morfolojisinin iyileştirilmesi açısından uygulanabilir bir cerrahi yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Serbest diş eti grefti, peri-implant yumuşak doku, keratinize mukoza, diş eti çekilmesi, dental implant

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SURGICAL MANAGEMENT OF PERI-IMPLANT SOFT TISSUE RECESSION ASSOCIATED WITH INSUFFICIENT KERATINIZED TISSUE USING A FREE GINGIVAL GRAFT: A CASE REPORT

**Emre ARSLAN[1] Delil DOĞAN[2]**

**[1]Fırat University, Department of Periodontology, e_arslan@firat.edu.tr, 0009-0003-0295-9186**
**[2]Fırat University, Department of Periodontology, dlldgn23@gmail.com, 0009-0003-5606-2817**

## Abstract

The amount of keratinized mucosa and peri-implant soft tissue morphology play an important role in maintaining peri-implant tissue health and patient comfort. Peri-implant soft tissue recession associated with insufficient keratinized tissue may result in exposure of the abutment or implant surface, leading to esthetic and functional problems. Free gingival grafting is one of the mucogingival surgical procedures that can be used to increase the amount of keratinized tissue and improve peri-implant soft tissue conditions.

A 25-year-old female patient with no history of systemic disease presented to our clinic with a complaint of gingival recession around an implant placed in the mandibular left second premolar region three years previously. Clinical and radiographic examination revealed insufficient keratinized tissue accompanied by peri-implant soft tissue recession and exposure of the abutment surface. Treatment with a free gingival graft was planned. The recipient site was prepared using a split-thickness flap approach. A free gingival graft containing epithelium was harvested from the palatal donor site, adapted to the recipient bed, and stabilized with 6/0 polypropylene sutures. Postoperative medication and instructions were provided. The sutures were removed at the third week, and clinical follow-up examinations were performed at one and three months.

At the three-month follow-up, the graft demonstrated favorable integration with the recipient site, and soft tissue coverage of the recession area was achieved. Free gingival grafting may represent a feasible surgical approach for the management of peri-implant soft tissue recession associated with insufficient keratinized tissue by increasing tissue dimensions and improving peri-implant soft tissue morphology.

**Keywords:** Free gingival graft, peri-implant soft tissue, keratinized mucosa, gingival recession, dental implant

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MANDİBULAR POSTERİOR BÖLGEDE KİSTİK LEZYON ENÜKLEASYONU SONRASI OLUŞAN KEMİK DEFEKTİNİN PRF İLE YÖNETİMİ: OLGU SUNUMU

**Emre ARSLAN[1] Delil DOĞAN[2]**
**[1]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, e_arslan@firat.edu.tr , 0009-0003-0295-9186**
**[2]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, dlldgn23@gmail.com, 0009-0003-5606-2817**

## Özet

İmplant çevresindeki keratinize mukoza miktarı ve peri-implant yumuşak doku morfolojisi, implant çevresi dokuların sağlığının ve hasta konforunun sürdürülmesinde önemli rol oynamaktadır. Yetersiz keratinize doku varlığına eşlik eden peri-implant yumuşak doku çekilmesi, abutment veya implant yüzeyinin açığa çıkmasına ve estetik ve fonksiyonel problemlere neden olabilmektedir. Serbest diş eti grefti, keratinize doku miktarının artırılması ve peri-implant yumuşak doku koşullarının iyileştirilmesi amacıyla uygulanabilen mukogingival cerrahi yöntemlerden biridir.

Çenelerde görülen geniş kistik lezyonlar, ilişkili dişlerde ve çevre kemik dokuda meydana getirebilecekleri destrüktif değişiklikler nedeniyle kapsamlı klinik ve radyografik değerlendirme gerektirmektedir. Enükleasyon, uygun olgularda kistik lezyonun bütün olarak uzaklaştırılmasına olanak sağlayan cerrahi tedavi seçeneklerinden biridir. Trombositten zengin fibrin (PRF) ise otojen yapısı ve fibrin matriksi nedeniyle oral cerrahi uygulamalarda iyileşme sürecini desteklemek amacıyla kullanılabilmektedir.

Hipertansiyon öyküsü ve sigara kullanımı bulunan 53 yaşındaki erkek hasta, sağ mandibular posterior bölgede ağrı şikâyetiyle kliniğimize başvurdu. Klinik ve radyografik değerlendirmede 44, 45 ve 46 numaralı dişlerde ileri kron harabiyeti, 44 ve 45 numaralı dişlerin apikal bölgelerinde lezyonlar ve 46 numaralı diş bölgesinde furkasyon alanını da kapsayan geniş kistik lezyon tespit edildi. İlgili dişlerin çekimi ve kistik lezyonun enükleasyonu planlandı. Tam kalınlıklı mukoperiostal flep kaldırılarak 44, 45 ve 46 numaralı dişler çekildi. Kistik lezyon enükle edilerek cerrahi kavite dikkatlice kürete edildi. Bölge rifamisin içeren solüsyon ve serum fizyolojik ile irrigasyonun ardından hastanın kendi kanından hazırlanan PRF ile dolduruldu. Flep 4/0 ipek sütürlerle primer olarak kapatıldı. Hastaya postoperatif medikasyon ve gerekli öneriler verildi.

Bu olguda geniş mandibular kistik lezyonun enükleasyonu ve ilişkili dişlerin çekimi ile lokal patolojik dokular uzaklaştırılmış, oluşan cerrahi kavite PRF ile desteklenmiştir. PRF'nin otojen bir biyomateryal olarak cerrahi kaviteye uygulanması, geniş kemik defektlerinin cerrahi yönetiminde iyileşme ortamının desteklenmesine yönelik yardımcı bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler**: kistik lezyon, enükleasyon, trombositten zengin fibrin, PRF, mandibula

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MANAGEMENT OF A BONE DEFECT WITH PRF FOLLOWING ENUCLEATION OF A CYSTIC LESION IN THE POSTERIOR MANDIBLE: A CASE REPORT

**Emre ARSLAN[1] Delil DOĞAN[2]**

**[1]Fırat University, Department of Periodontology,** e_arslan@firat.edu.tr**,**

**0009-0003-0295-9186**
**[2]Fırat University, Department of Periodontology,** dlldgn23@gmail.com**,**

**0009-0003-5606-2817**

## Abstract

Large cystic lesions of the jaws require comprehensive clinical and radiographic evaluation due to their potential to cause destructive changes in the associated teeth and surrounding bone. Enucleation is a surgical treatment option that allows complete removal of the cystic lesion in appropriately selected cases. Platelet-rich fibrin (PRF), owing to its autologous nature and fibrin matrix, can be used in oral surgical procedures to support the healing process.

A 53-year-old male patient with a history of hypertension and smoking presented to our clinic with pain in the right posterior mandibular region. Clinical and radiographic examination revealed extensive coronal destruction of teeth 44, 45, and 46, lesions in the apical regions of teeth 44 and 45, and a large cystic lesion involving the furcation area of tooth 46. Extraction of the involved teeth and enucleation of the cystic lesion were planned. A full-thickness mucoperiosteal flap was elevated, and teeth 44, 45, and 46 were extracted. The cystic lesion was enucleated, and the surgical cavity was carefully curetted. Following irrigation with a rifamycin-containing solution and sterile saline, the surgical cavity was filled with PRF prepared from the patient's own blood. The flap was repositioned and primary closure was achieved using 4/0 silk sutures. Appropriate postoperative medication and instructions were provided.

In this case, the local pathological tissues were removed through enucleation of the large mandibular cystic lesion and extraction of the associated teeth, while the resulting surgical cavity was supported with PRF. The application of PRF as an autologous biomaterial may be considered a useful adjunctive approach for supporting the healing environment in the surgical management of large bone defects.

**Keywords:** Cystic lesion, enucleation, platelet-rich fibrin, PRF, mandible

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# İLERİ POSTERİOR MAKSİLLER ATROFİDE LATERAL SİNÜS LİFT VE AŞAMALI İMPLANT YERLEŞİMİ: OLGU SUNUMU

**Uzm.Dt., Merve GÜNEY[1]**
**Uzm.Dt., Delil DOĞAN[2]**
**[1]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, merveguney2535@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1392-7509**
**[2]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Özet

Posterior maksillada diş kaybı sonrasında gelişen alveoler kemik rezorpsiyonu ve maksiller sinüs pnömatizasyonu, implant yerleşimi için gerekli vertikal kemik yüksekliğini sınırlandırabilmektedir. İleri kemik yetersizliğinin bulunduğu olgularda lateral pencere yaklaşımıyla gerçekleştirilen sinüs tabanı elevasyonu, implant destekli protetik rehabilitasyon için uygun kemik hacminin oluşturulmasında kullanılan cerrahi seçeneklerden biridir. Bu olgu sunumunda, sağ posterior maksillada ileri vertikal kemik yetersizliği bulunan bir hastanın eksternal sinüs tabanı elevasyonu ve aşamalı implant yerleşimiyle multidisipliner rehabilitasyonu sunulmaktadır.

Sistemik olarak sağlıklı ve sigara kullanmayan 56 yaşındaki erkek hasta, diş eksikliklerinin implant destekli protetik restorasyonlarla rehabilitasyonu amacıyla kliniğe başvurdu. Klinik ve radyografik değerlendirmede, 16 numaralı diş bölgesinde implant yerleşimine olanak sağlayacak yeterli vertikal kemik yüksekliğinin bulunmadığı belirlendi. Bu nedenle ilgili bölgeye lateral pencere yaklaşımıyla eksternal sinüs tabanı elevasyonu uygulandı. Augmentasyon işleminden beş ay sonra yapılan değerlendirmeyi takiben 16 numaralı diş bölgesine implant yerleştirildi. Aynı cerrahi seansta sol maksilla ve mandibulada diş eksikliği bulunan diğer bölgelere de implantlar uygulandı. Cerrahi işlemlerin tamamlanmasının ardından hasta protetik rehabilitasyon amacıyla ilgili kliniğe yönlendirildi.

Bu olgu, ileri vertikal kemik yetersizliği bulunan posterior maksiller bölgelerde lateral pencere yaklaşımıyla gerçekleştirilen sinüs tabanı elevasyonunun, aşamalı implant yerleşimine olanak sağlayan uygulanabilir bir tedavi seçeneği olduğunu göstermektedir. Posterior maksillanın rekonstrüksiyonunda cerrahi işlemlerin mevcut kemik hacmine göre aşamalı olarak planlanması ve implant tedavisinin diğer dişsiz bölgeleri de kapsayacak biçimde bütüncül olarak yürütülmesi, protetik rehabilitasyona uygun bir altyapı oluşturulmasına katkı sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** maksiller sinüs, sinüs tabanı elevasyonu, lateral pencere tekniği, kemik augmentasyonu, dental implant

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# LATERAL SINUS LIFT AND STAGED IMPLANT PLACEMENT IN ADVANCED POSTERIOR MAXILLARY ATROPHY: A CASE REPORT

**DDS, MSc, Merve GÜNEY[1]**

**DDS, MSc, Delil DOGAN[2]**

**[1]Fırat University, Department of Periodontology, merveguney2535@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1392-7509**
**[2]Fırat University, Department of Periodontology, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Abstract

Alveolar bone resorption and maxillary sinus pneumatization following tooth loss in the posterior maxilla may limit the vertical bone height required for implant placement. In cases with advanced bone deficiency, sinus floor elevation using the lateral window approach is one of the surgical options used to create an adequate bone volume for implant-supported prosthetic rehabilitation. This case report presents the multidisciplinary rehabilitation of a patient with advanced vertical bone deficiency in the right posterior maxilla using external sinus floor elevation and staged implant placement.

A 56-year-old male patient with no systemic disease and no history of smoking was referred for implant-supported rehabilitation of multiple edentulous areas. Clinical and radiographic evaluation revealed insufficient vertical bone height for implant placement in the region of tooth 16. Therefore, external sinus floor elevation was performed using the lateral window approach. Five months after the augmentation procedure, an implant was placed in the region of tooth 16 following reevaluation. During the same surgical session, implants were also placed in other edentulous areas of the left maxilla and mandible. After completion of the surgical procedures, the patient was referred for prosthetic rehabilitation.

This case demonstrates that sinus floor elevation using the lateral window approach may provide a feasible treatment option for staged implant placement in posterior maxillary regions with advanced vertical bone deficiency. Planning the surgical procedures in stages according to the available bone volume and managing implant therapy comprehensively across additional edentulous regions may help establish a suitable foundation for prosthetic rehabilitation.

**Keywords:** maxillary sinus, sinus floor elevation, lateral window technique, bone augmentation, dental implant

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MAKSİLLER VE MANDİBULAR GİNGİVAL ÇEKİLMELERİN BAĞ DOKUSU VE SERBEST DİŞ ETİ GREFTLERİYLE TEDAVİSİ: 2 YILLIK OLGU TAKİBİ

**Uzm.Dt., Merve GÜNEY[1]**
**Uzm.Dt., Delil DOĞAN[2]**
**[1]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, merveguney2535@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1392-7509**
**[2]Fırat Üniversitesi, Periodontoloji, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Özet

Gingival çekilmelerin klinik özellikleri ve tedavi hedefleri anatomik bölgeye göre farklılık gösterebilmektedir. Maksiller estetik bölgede kök yüzeyinin örtülmesi öncelikli hedeflerden biri iken, mandibular anterior bölgede yetersiz keratinize doku genişliğinin artırılması tedavi planlamasında önem taşımaktadır. Bu olgu sunumunun amacı, maksiller anterior gingival çekilmelerin tünel tekniği ve bağ dokusu grefti (BDG), mandibular anterior keratinize doku yetersizliğinin ise serbest diş eti grefti (SDG) ile aşamalı tedavisinin iki yıllık klinik sonuçlarını sunmaktır.

Otuz dört yaşındaki kadın hasta, 21, 22 ve 23 numaralı dişlerde hassasiyet şikâyetiyle kliniğe başvurdu. Klinik muayenede bu dişlerde sırasıyla 1, 3 ve 2 mm klinik ataşman kaybı bulunduğu belirlendi. Ayrıca 31-41 numaralı dişler bölgesinde keratinize doku bandının yetersiz olduğu gözlendi. Maksiller anterior bölgede tünel operasyonu uygulanarak BDG yerleştirildi. Cerrahiden 15 gün sonra sütürler uzaklaştırıldı ve mandibular anterior bölgenin tedavisi için ayrı bir cerrahi randevu planlandı. İkinci cerrahi seansta 31-41 numaralı dişler bölgesine SDG uygulandı. Hasta iki yıl süreyle klinik olarak takip edildi.

İki yıllık takipte, BDG uygulanan 21, 22 ve 23 numaralı dişlerde tam kök yüzeyi kapanmasının korunduğu gözlendi. SDG uygulanan mandibular anterior bölgede ise keratinize doku genişliğinin yaklaşık 3 mm'ye ulaştığı belirlendi. Bu olgu, farklı anatomik bölgelerdeki gingival çekilme ve mukogingival problemlerin bölgeye özgü cerrahi tekniklerle aşamalı olarak yönetilmesinin, kök yüzeyi kapanması ve keratinize doku kazanımı açısından uzun dönem stabil sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** gingival çekilme, bağ dokusu grefti, serbest diş eti grefti, tünel tekniği, keratinize doku

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# TREATMENT OF MAXILLARY AND MANDIBULAR GINGIVAL RECESSIONS WITH CONNECTIVE TISSUE AND FREE GINGIVAL GRAFTS: A 2-YEAR CASE FOLLOW-UP

**DDS, MSc, Merve GÜNEY[1]**

**DDS, MSc, Delil DOGAN[2]**

**[1]Fırat University, Department of Periodontology, merveguney2535@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1392-7509**
**[2]Fırat University, Department of Periodontology, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Abstract

The clinical characteristics and treatment objectives of gingival recessions may vary according to the anatomical region. Root coverage is one of the primary objectives in the maxillary esthetic zone, whereas increasing an inadequate width of keratinized tissue is an important consideration in treatment planning for the mandibular anterior region. This case report presents the 2-year clinical outcomes of staged treatment of maxillary anterior gingival recessions using the tunnel technique with a connective tissue graft (CTG) and mandibular anterior keratinized tissue deficiency using a free gingival graft (FGG).

A 34-year-old female patient presented with dentin hypersensitivity involving teeth 21, 22, and 23. Clinical examination revealed clinical attachment losses of 1, 3, and 2 mm, respectively. An inadequate band of keratinized tissue was also observed in the region of teeth 31-41. A tunnel procedure was performed in the maxillary anterior region, and a CTG was placed. The sutures were removed 15 days after surgery, and a separate appointment was scheduled for treatment of the mandibular anterior region. During the second surgical session, an FGG was applied to the region of teeth 31-41. The patient was followed clinically for 2 years.

At the 2-year follow-up, complete root coverage was maintained at teeth 21, 22, and 23 treated with CTG. In the mandibular anterior region treated with FGG, the width of keratinized tissue increased to approximately 3 mm. This case indicates that staged management of gingival recessions and mucogingival problems in different anatomical regions using site-specific surgical techniques may provide stable long-term outcomes in terms of root coverage and keratinized tissue gain.

**Keywords:** gingival recession, connective tissue graft, free gingival graft, tunnel technique, keratinized tissue

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INFLUENCE OF PEEK AND TITANIUM IMPLANT SCAN BODIES ON THE ACCURACY OF DIGITAL IMPLANT IMPRESSIONS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

**Assistant Professor, Rüştü Ersoy Sakarya**
Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
ersysakarya@gmail.com - 0000-0002-2289-3896

**Research Assistant, Osayd Alawawda**
Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
osayd33540@gmail.com - 0009-0008-3954-6373

## ABSTRACT

Polyetheretherketone (PEEK) and titanium are commonly used for implant scan bodies in digital implant impressions. However, evidence regarding the effect of scan body material on impression accuracy remains inconsistent. This systematic review and meta-analysis aimed to compare the accuracy of PEEK and titanium implant scan bodies in terms of trueness, precision, angular or rotational deviation, and interimplant distance deviation. PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science Core Collection, Cochrane CENTRAL, and Google Scholar were searched from inception through March 15, 2026. In vitro studies directly comparing PEEK and titanium scan bodies under matched experimental conditions were included. Study selection, data extraction, and quality assessment using the Quality Assessment Tool for In Vitro Studies (QUIN) were independently performed by 2 reviewers. Corresponding study arms were matched according to predefined experimental conditions. Random-effects multilevel meta-analyses were performed using standardized mean differences (Hedges'g) with 95% confidence intervals. Twelve in vitro studies were included in the qualitative synthesis. No significant differences were found between PEEK and titanium scan bodies for trueness (SMD=-0.08; 95% CI, -1.03 to 0.88; P=.873), precision (SMD=0.29; 95% CI, -0.82 to 1.40; P=.593), angular or rotational deviation (SMD=0.19; 95% CI, -0.20 to 0.57; P=.288), or interimplant distance deviation (SMD=0.54; 95% CI, -0.11 to 1.20; P=.093). Substantial heterogeneity was observed across outcome domains. PEEK and titanium scan bodies demonstrated comparable digital implant impression accuracy, with no statistically significant differences across the evaluated accuracy outcomes.

**Keywords :** PEEK, Polyetheretherketone, Trueness, Titanium, Scan bodies.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MAKSİLLER MUKOZAL APSE YÖNETİMİNDE CERRAHİ DRENAJIN SÜRDÜRÜLMESİNE YÖNELİK SÜTÜRLE FİKSE DREN UYGULAMASI: OLGU SUNUMU

**Delil DOĞAN[1]**
**[1]Fırat Üniversitesi , Periodontoloji , dlldgn23@gmail.com, ORCID:0009-0003-5606-2817**

**Özet**

Odontojenik enfeksiyonlar, anatomik komşuluklar ve enfeksiyonun yayılım özelliklerine bağlı olarak oral ve maksillofasiyal bölgede lokalize apse oluşumuna neden olabilmektedir. Fluktuasyon gösteren lokalize apselerin tedavisinde enfekte içeriğin cerrahi olarak boşaltılması ve drenajın devamlılığının sağlanması, enfeksiyon kontrolünün temel basamaklarından biridir. Bu olgu sunumunda, maksiller bukkal mukozada gelişen lokalize bir apsenin cerrahi drenaj ve sütürle fikse edilen dren uygulamasıyla yönetimi sunulmaktadır.

Kırk üç yaşında, sistemik hastalık öyküsü bulunmayan erkek hasta, sol maksiller bukkal bölgede gelişen apse nedeniyle değerlendirildi. Klinik değerlendirme sonrasında ilgili bölgeye cerrahi drenaj uygulanarak pürülan içeriğin boşaltılması sağlandı. Drenajın devamlılığını sağlamak ve insizyon hattının erken kapanmasını önlemek amacıyla steril cerrahi eldiven materyalinden hazırlanan dren cerrahi alana yerleştirildi. Dren, yer değiştirmesini önlemek amacıyla rezorbe olabilen sütür materyali kullanılarak bukkal mukozaya fikse edildi. Hastaya gerekli postoperatif önerilerde bulunuldu ve uygun medikasyon düzenlendi. Dren üç gün sonra uzaklaştırıldı. Bir aylık kontrol döneminde enfeksiyonla ilişkili dişlerin çekimleri sonrasında yapılan klinik değerlendirmede iyileşmenin komplikasyonsuz şekilde gerçekleştiği gözlendi.

Bu olguda cerrahi drenaj ve dren uygulamasıyla lokal enfeksiyonun kontrolü sağlanmış ve takip döneminde sorunsuz iyileşme elde edilmiştir. Lokalize oral apselerin yönetiminde yeterli cerrahi drenajın sağlanması ve uygun olgularda drenaj yolunun geçici olarak korunması, enfekte içeriğin uzaklaştırılmasına ve klinik iyileşmenin desteklenmesine katkı sağlayan etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler:** mukozal apse, drenaj, enfeksiyon , fluktuasyon

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SUTURE-FIXED DRAIN PLACEMENT FOR MAINTAINING SURGICAL DRAINAGE IN THE MANAGEMENT OF A MAXILLARY MUCOSAL ABSCESS: A CASE REPORT

**Delil DOĞAN[1]**
**[1]Fırat University, Deparment of Periodontology, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Abstract

Odontogenic infections may lead to localized abscess formation in the oral and maxillofacial region depending on anatomical relationships and patterns of infection spread. In the management of localized fluctuant abscesses, surgical evacuation of purulent contents and maintenance of adequate drainage are fundamental steps in infection control. This case report presents the management of a localized abscess in the maxillary buccal mucosa using surgical drainage and a suture-fixed drain.

A 43-year-old male patient with no history of systemic disease was evaluated for an abscess in the left maxillary buccal region. Following clinical evaluation, surgical drainage was performed to evacuate the purulent contents. To maintain continuous drainage and prevent premature closure of the incision site, a drain prepared from sterile surgical glove material was placed in the surgical site. The drain was fixed to the buccal mucosa using resorbable suture material to prevent displacement. Appropriate postoperative instructions and medication were provided. The drain was removed three days later. At the one-month follow-up, clinical evaluation following extraction of the teeth associated with the infection revealed uneventful healing without complications.

In this case, local infection control was achieved through surgical drainage and drain placement, with uneventful healing during the follow-up period. Adequate surgical drainage and temporary maintenance of the drainage pathway in appropriately selected cases may facilitate evacuation of infected contents and contribute to favorable clinical healing in the management of localized oral abscesses.

**Keywords:** mucosal abscess, drainage, infection , fluctuation

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PROTETİK REHABİLİTASYON ÖNCESİ POSTEKSTRAKSİYONEL ALVEOLER KRET MORFOLOJİSİNİN CERRAHİ OPTİMİZASYONU: MANDİBULAR ALVEOLOPLASTİ OLGU SUNUMU

**Delil DOĞAN[1]**
**[1]Fırat Üniversitesi , Periodontoloji , dlldgn23@gmail.com, ORCID:0009-0003-5606-2817**

**Özet**

Preprotetik cerrahi uygulamalar, protetik rehabilitasyon öncesinde alveoler kret morfolojisinin düzenlenmesi ve protez için uygun bir destek alanının oluşturulması amacıyla gerçekleştirilen cerrahi işlemleri kapsamaktadır. Diş çekimleri sonrasında alveoler krette oluşan düzensizlikler ve keskin kemik kenarları, protetik rehabilitasyonu güçleştirebilmekte ve protez kullanımına bağlı yumuşak doku irritasyonuna neden olabilmektedir. Bu olgu sunumunda, diş çekimleri sonrasında mandibular alveoler krette gelişen kemik düzensizliklerinin alveoloplasti ile cerrahi olarak düzenlenmesi sunulmaktadır.

Altmış beş yaşındaki hipertansiyon öyküsü bulunan erkek hastanın klinik muayenesinde, mandibulada daha önce gerçekleştirilen diş çekimlerine bağlı alveoler kemik düzensizlikleri tespit edildi. Protetik rehabilitasyon öncesinde alveoler kretin uygun morfolojiye getirilmesi amacıyla alveoloplasti planlandı. Lokal anestezi altında tam kalınlıklı mukoperiostal flep kaldırıldı. Kemik düzensizlikleri piyasemen ve frez yardımıyla giderildi. Ardından kemik eğesi kullanılarak keskin kemik kenarları elimine edildi ve alveoler kretin son konturlaması gerçekleştirildi. Cerrahi alanın kontrolünün ardından flep adapte edilerek rezorbe olabilen sütür materyali ile basit sütürler kullanılarak primer kapatma sağlandı. Hastaya postoperatif döneme yönelik gerekli önerilerde bulunuldu ve uygun medikasyon düzenlendi.

Çekimle eş zamanlı implant uygulamalarında, iyileşme sürecinin protetik gereksinimlere uygun şekilde yönlendirilmesi önemlidir. Geçici abutmentın kompozit rezin ile bireyselleştirilmesi, peri-implant yumuşak dokuların istenilen konturlarda şekillendirilmesine katkı sağlayabilir. Bu olgu, bireyselleştirilmiş geçici abutment kullanımının nihai protetik restorasyon öncesinde uygun peri-implant doku mimarisinin oluşturulmasında uygulanabilir bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

Olgu sonucunda, protetik rehabilitasyonu olumsuz etkileyebilecek kemik düzensizlikleri giderilerek daha düzgün ve uygun bir alveoler kret morfolojisi elde edildi. Alveoloplasti, uygun endikasyonlarda protetik tedavi öncesinde destek dokuların hazırlanmasına katkı sağlayarak protezin stabilitesi, hasta konforu ve uzun dönem tedavi başarısı açısından önemli bir preprotetik cerrahi yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** alveoloplasti, preprotetik cerrahi, alveoler kret, protetik rehabilitasyon

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SURGICAL OPTIMIZATION OF POST-EXTRACTION ALVEOLAR RIDGE MORPHOLOGY PRIOR TO PROSTHETIC REHABILITATION: A CASE REPORT OF MANDIBULAR ALVEOLOPLASTY

**Delil DOĞAN[1]**
**[1]Fırat University, Deparment of Periodontology, dlldgn23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5606-2817**

## Abstract

Preprosthetic surgical procedures aim to optimize alveolar ridge morphology and establish a favorable supporting foundation prior to prosthetic rehabilitation. Irregularities and sharp bony prominences of the alveolar ridge following tooth extraction may compromise prosthetic rehabilitation and cause soft tissue irritation associated with prosthesis use. This case report presents the surgical management of post-extraction bony irregularities of the mandibular alveolar ridge by means of alveoloplasty.

A 65-year-old male patient with a history of hypertension was evaluated prior to prosthetic rehabilitation. Clinical examination revealed irregularities of the mandibular alveolar ridge resulting from previous tooth extractions. Alveoloplasty was planned to establish a more favorable ridge morphology before prosthetic treatment. Under local anesthesia, a full-thickness mucoperiosteal flap was elevated. Bony irregularities were reduced using a surgical handpiece and bur. Subsequently, sharp bony margins were eliminated with a bone file, and final contouring of the alveolar ridge was performed. Following inspection of the surgical site, the flap was repositioned and primary closure was achieved with simple interrupted sutures using resorbable suture material. Appropriate postoperative instructions and medication were provided.

As a result of the surgical procedure, bony irregularities that could adversely affect subsequent prosthetic rehabilitation were eliminated, resulting in a smoother and more favorable alveolar ridge morphology. When appropriately indicated, alveoloplasty represents an important preprosthetic surgical approach that facilitates optimization of the supporting tissues and may contribute to prosthesis stability, patient comfort, and long-term treatment success.

**Keywords:** alveoloplasty, preprosthetic surgery, alveolar ridge , prosthetic rehabilitation

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ÜÇ SERBESTLİK DERECELİ ROBOT KOLUNUN GENETİK ALGORİTMA İLE PID PARAMETRE OPTİMİZASYONU

**Semih ÇELİK**
İstanbul University-Cerrahpaşa, Department of Mechanical Engineering
semih.celik@ogr.iuc.edu.tr - ORCID: 0009-0006-3336-4881

**Dr. Öğr. Üyesi Aziz SEZGİN**
İstanbul University-Cerrahpaşa, Department of Mechanical Engineering
asezgin@iuc.edu.tr - ORCID: 0000-0001-6861-5309

## ABSTRACT

In this study, as a natural extension of the previously conducted two-degree-of-freedom (2-DOF) work, Genetic Algorithm (GA) based optimization of PID controller parameters was performed for high-precision trajectory tracking of a three-degree-of-freedom (3-DOF) planar robotic arm. Since the addition of a third link introduces kinematic redundancy, the end-effector orientation was held fixed ($\varphi = \theta_1+\theta_2+\theta_3 = 0$, i.e., the end link remains horizontal at all times), and the analytical inverse kinematics was solved under this constraint. The end-effector was designed to move from an initial point A to a target point B using the same Gaussian-type exponential decay function employed in the 2-DOF study. The dynamic model of the robot was derived via the Euler-Lagrange method, yielding a 3×3 inertia matrix $M(\theta)$, a Coriolis/centripetal vector C dependent on joint angles and velocities, and a gravity vector $G(\theta)$. To determine the optimum coefficients in a 9-variable (Kp, Ki, Kd for each joint) search space, the GA architecture from the 2-DOF study was extended by enlarging the population size (30 individuals) and the number of generations (60). As a result, the Integral of Absolute Error (IAE) cost function was reduced from 0.0885 to 0.0654, and the end-effector was numerically shown to converge to a stable position in close proximity to the target point, closely tracking the reference trajectory after a short transient response.

**Keywords:** Robot Kinematics and Dynamics, Euler-Lagrange Method, 3-DOF Manipulator, Kinematic Redundancy, Cartesian Trajectory Planning, Genetic Algorithm, PID Control, Optimization

# ÜÇ SERBESTLİK DERECELİ ROBOT KOLLARINDA EULER-LAGRANGE TABANLI DİNAMİK MODELLEME VE GENETİK ALGORİTMA İLE PID PARAMETRE OPTİMİZASYONU

## ÖZET

Bu çalışmada, önceki aşamada gerçekleştirilen iki serbestlik dereceli (2-DOF) çalışmanın doğal bir devamı olarak, üç serbestlik dereceli (3-DOF) düzlemsel bir robot kolunun yüksek

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

hassasiyetli yörünge takibi için PID kontrolcü parametrelerinin Genetik Algoritma (GA) kullanılarak optimizasyonu ele alınmıştır. Üçüncü uzvun eklenmesiyle sistem kinematik olarak fazladan (redundant) bir serbestlik derecesine kavuştuğundan, uç-uzvun (end-effector) yönelimi sabit tutulmuş ($\varphi = \theta_1+\theta_2+\theta_3 = 0$, yani uç uzuv her zaman yatay) ve bu kısıt altında analitik ters kinematik çözülmüştür. Robotun uç noktasının A başlangıç noktasından B hedef noktasına Gauss tabanlı üstel azalma fonksiyonuyla taşınması hedeflenmiştir. Robotun dinamik modeli Euler-Lagrange yöntemiyle çıkarılmış; sistem 3x3 boyutlu atalet matrisi M($\theta$), açısal hız ve konuma bağlı Coriolis/merkezkaç vektörü C ve yerçekimi vektörü G($\theta$) ile ifade edilmiştir. 9 değişkenli (her eklem için Kp, Ki, Kd) arama uzayında optimum katsayıları bulmak için, 2-DOF çalışmasındaki GA mimarisi popülasyon (30 birey) ve nesil sayısı (60) büyütülerek genişletilmiştir. Sonuç olarak Mutlak Hata İntegrali (IAE) maliyet fonksiyonu 0.0885'ten 0.0654'e düşürülmüş; uç işlevcinin A noktasından B noktasına kısa bir geçici rejimin ardından referans yörüngeyi yakından takip ederek başarıyla yerleştiği sayısal olarak gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Robot Kinematiği ve Dinamiği, Euler-Lagrange, 3-DOF Manipülatör, Kinematik Fazlalık (Redundancy), Kartezyen Yörünge Planlaması, Genetik Algoritma, PID Kontrol, Optimizasyon.

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel robot kollarının serbestlik derecesi arttıkça, hem çalışma uzayı (workspace) hem de gerçekleştirebilecekleri görev çeşitliliği genişler. Ancak bu artış, dinamik modelin karmaşıklığını da önemli ölçüde yükseltir: her ek uzuv, diğer tüm uzuvlarla yeni merkezkaç ve Coriolis kuplaj terimleri üretir [1], [2]. İki serbestlik dereceli (2-DOF) bir sistemde tek bir kuplaj katsayısı yeterliyken, üç serbestlik dereceli (3-DOF) bir sistemde 1-2, 1-3 ve 2-3 uzuvları arasında olmak üzere üç ayrı ikili kuplaj etkisi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, önceki aşamada gerçekleştirilen 2-DOF çalışmanın doğrudan bir genişlemesidir. Üçüncü bir uzvun (bilek) eklenmesiyle robot kolu, iki boyutlu uç-nokta (x,y) hedefine ulaşmak için fazladan bir serbestlik derecesine sahip olmuştur; bu durum literatürde kinematik fazlalık (redundancy) olarak bilinir [4]. Fazlalığı ortadan kaldırmak için bu çalışmada, uç-uzvun yönelimi sabit bir değerde (yatay, $\varphi$=0) tutulacak şekilde ek bir kısıt tanımlanmıştır - bu, örneğin bir tepsi veya sıvı dolu bir kabın yatay tutularak taşınması gibi pratik bir senaryoya karşılık gelmektedir.

Önceki çalışmada olduğu gibi, sistemin kontrolü için her eklemde bağımsız çalışan PID kontrolcüler tercih edilmiştir. Ancak eklem sayısının üçe çıkması, ayarlanması gereken katsayı sayısını 6'dan 9'a yükseltmiş ve arama uzayını genişletmiştir. Bu nedenle, 2-DOF çalışmasında kullanılan Genetik Algoritma (GA) mimarisi, daha büyük popülasyon ve nesil sayılarıyla yeniden ölçeklendirilmiştir [6], [10].

Çalışmanın ikinci bölümünde 3-DOF robot kolunun Euler-Lagrange yöntemiyle dinamik modeli çıkarılmakta ve elde edilen denklemlerin, 2-DOF özel durumuna (üçüncü uzvun kütlesi ve açısı sıfır alındığında) indirgenebildiği gösterilerek doğrulanmaktadır. Üçüncü bölümde uç-uzuv yönelim kısıtı altında ters kinematik ve A-B yörünge planlaması ele alınmakta, dördüncü

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

bölümde GA mimarisindeki değişiklikler açıklanmaktadır. Beşinci bölümde simülasyon sonuçları sunulmakta ve altıncı bölümde çalışma özetlenerek gelecek çalışmalara değinilmektedir.

## 2. ÜÇ SERBESTLİK DERECELİ ROBOT KOLUNUN DİNAMİK MODELLEMESİ

İki serbestlik dereceli sistemdeki notasyon doğrudan genişletilmiştir: i. uzvun uzunluğu $l_i$, kütlesi $m_i$, kütle merkezinin mafsala uzaklığı $l_{ci}$ ve kütle merkezi etrafındaki atalet momenti $I_i = m_i l_i^2/12$ (i=1,2,3) olarak tanımlanmıştır. Genelleştirilmiş koordinatlar $\theta_1$, $\theta_2$, $\theta_3$, her eklemin kendisinden önceki uzva göre yaptığı açıyı temsil eder. Kısalık için, sabit eksene göre ölçülen mutlak açılar tanımlanır:

$$\varphi_1 = \theta_1, \quad \varphi_2 = \theta_1 + \theta_2, \quad \varphi_3 = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3$$

Bu tanımlara göre, her uzvun kütle merkezinin ($x_{Gi}$, $y_{Gi}$) sabit eksen takımındaki konumu şu şekilde yazılır:

$$x_{G1} = l_{c1}\cos\theta_1, \quad y_{G1} = l_{c1}\sin\theta_1$$

$$x_{G2} = l_1\cos\theta_1 + l_{c2}\cos(\theta_1+\theta_2), \quad y_{G2} = l_1\sin\theta_1 + l_{c2}\sin(\theta_1+\theta_2)$$

$$x_{G3} = l_1\cos\theta_1 + l_2\cos(\theta_1+\theta_2) + l_{c3}\cos(\theta_1+\theta_2+\theta_3)$$

$$x_{G3} = l_1\cos\theta_1 + l_2\cos(\theta_1+\theta_2) + l_{c3}\cos(\theta_1+\theta_2+\theta_3)$$

Bu ifadelerin zamana göre türevleri alınarak, her kütle merkezinin hız büyüklüğünün karesi ($v_{Gi}^2$) elde edilir. Türev işlemleri sonucunda:

$$v_{G1}^2 = l_{c1}^2\dot{\theta}_1^2$$

$$v_{G2}^2 = l_1^2\dot{\theta}_1^2 + l_{c2}^2\left(\dot{\theta}_1+\dot{\theta}_2\right)^2 + 2l_1l_{c2}\dot{\theta}_1\left(\dot{\theta}_1+\dot{\theta}_2\right)\cos\theta_2$$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

$$v_{G3}^2 = l_1^2\dot{\theta}_1^2 + l_2^2\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2\right)^2 + l_{c3}^2\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)^2 + 2l_1 l_2\dot{\theta}_1\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2\right)\cos\theta_2$$

$$+2l_2 l_{c3}\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2\right)\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)\cos\theta_3 + 2l_1 l_{c3}\dot{\theta}_1\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)\cos(\theta_2 + \theta_3)$$

$$+2l_2 l_{c3}\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2\right)\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)\cos\theta_3$$

ifadeleri bulunur. Sistemin toplam kinetik enerjisi, kitabın 2.1 bölümünde verilen genel ifadeye ((18) numaralı eşitlik) ek olarak, her uzvun kendi kütle merkezi etrafındaki dönme (rotasyonel) kinetik enerjisini de içerir:

$$T = \frac{1}{2}m_1 v_{G1}^2 + \frac{1}{2}I_1\dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{G2}^2 + \frac{1}{2}I_2\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2\right)^2 + \frac{1}{2}m_3 v_{G3}^2 + \frac{1}{2}I_3\left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)^2$$

Bu ifade, açısal hızlara göre kuadratik bir forma açılır. Sembolik olarak (Sympy ile) açılıp sadeleştirildiğinde, üç uzuv arasındaki ikili kuplaj etkilerini temsil eden üç katsayının tanımlanması, ifadeyi büyük ölçüde sadeleştirmektedir:

$$\alpha = (m_2 l_{c2} + m_3 l_2)l_1, \quad \beta = m_3 l_1 l_{c3}, \quad \gamma = m_3 l_2 l_{c3}$$

Burada $\alpha$ katsayısı 1. ve 2. uzuvlar arasındaki, $\beta$ katsayısı 1. ve 3. uzuvlar arasındaki, $\gamma$ katsayısı ise 2. ve 3. uzuvlar arasındaki kuplaj etkisini temsil etmektedir. Bu katsayılarla kinetik enerji

$$T = \frac{1}{2}\left(a_{11}\dot{\theta}_1^2 + a_{22}\dot{\theta}_2^2 + a_{33}\dot{\theta}_3^2 + 2a_{12}\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2 + 2a_{13}\dot{\theta}_1\dot{\theta}_3 + 2a_{23}\dot{\theta}_2\dot{\theta}_3\right)$$

şeklinde kompakt bir kuadratik forma indirgenir (bkz. (36) numaralı eşitlik). $a_{ij}$ katsayıları, 3x3 boyutlu ve simetrik ($a_{ij}=a_{ji}$) atalet matrisi M($\theta$)'nın elemanlarıdır:

$$a_{11} = I_1 + I_2 + I_3 + m_1 l_{c1}^2 + m_2(l_1^2 + l_{c2}^2) + m_3(l_1^2 + l_2^2 + l_{c3}^2) + 2\alpha\cos\theta_2 + 2\beta\cos(\theta_2 + \theta_3) + 2\gamma\cos\theta_3$$

$$a_{12} = I_2 + I_3 + m_2 l_{c2}^2 + m_3(l_2^2 + l_{c3}^2) + \alpha\cos\theta_2 + \beta\cos(\theta_2 + \theta_3) + 2\gamma\cos\theta_3$$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

$$a_{13} = I_3 + m_3 l_{c3}^2 + \beta \cos(\theta_2 + \theta_3) + \gamma \cos \theta_3$$

$$a_{22} = I_2 + I_3 + m_2 l_{c2}^2 + m_3 (l_2^2 + l_{c3}^2) + 2\gamma \cos \theta_3$$

$$a_{23} = I_3 + m_3 l_{c3}^2 + \gamma \cos \theta_3$$

$$a_{33} = I_3 + m_3 l_{c3}^2$$

*Doğrulama:* $m_3$=0 ve $\theta_3$=0 alındığında $\beta$=$\gamma$=0 olur ve $a_{11}$, $a_{12}$, $a_{22}$ ifadeleri, önceki 2-DOF çalışmasında elde edilen atalet matrisi elemanlarına birebir indirgenmektedir. Bu, türetilen 3-DOF ifadelerin tutarlılığı için bağımsız bir kontrol noktası oluşturmaktadır.

Sistemin toplam potansiyel enerjisi, her uzvun kütle merkezinin düşey konumuna bağlıdır:

$$V = g[m_1 l_{c1} \sin \theta_1 + m_2 (l_1 \sin \theta_1 + l_{c2} \sin(\theta_1 + \theta_2)) + m_3 (l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_{c3} \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3))]3$$

Lagrange fonksiyonu, kinetik ve potansiyel enerjiler arasındaki fark olarak tanımlanır (bkz. (28) numaralı eşitlik):

$$L = T - V$$

Her bir genelleştirilmiş koordinat için Euler-Lagrange denklemi uygulanır:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_i}\right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_i} = \tau_i$$

Bu türev işlemleri gerçekleştirildiğinde, sistemin hareket denklemleri standart manipülatör (matris) formunda ifade edilir:

$$M(\theta)\ddot{\theta} + C\left(\theta, \dot{\theta}\right) + G(\theta) = \tau$$

Burada M($\theta$) atalet matrisi (yukarıda verilmiştir), G($\theta$) yerçekimi vektörü ve C, açısal hız ve konuma bağlı Coriolis/merkezkaç vektörüdür. Aynı $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ katsayıları kullanılarak C vektörünün elemanları:

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

$$C_1 = -\alpha \sin\theta_2 \left(2\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_2^2\right) - \beta \sin(\theta_2 + \theta_3)\left(\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)\left(2\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right) - \gamma \sin\theta_3\, \dot{\theta}_3\left(2\dot{\theta}_1 + 2\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)$$

$$C_2 = \alpha \sin\theta_2\, \dot{\theta}_1^2 + \beta \sin(\theta_2 + \theta_3)\, \dot{\theta}_1^2 - \gamma \sin\theta_3\, \dot{\theta}_3\left(2\dot{\theta}_1 + 2\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3\right)$$

$$C_3 = \beta \sin(\theta_2 + \theta_3)\, \dot{\theta}_1^2 + \gamma \sin\theta_3 \left(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2\right)^2$$

ve yerçekimi vektörünün elemanları:

$$G_1 = g[(m_1 l_{c1} + (m_2 + m_3) l_1) \cos\theta_1 + (m_2 l_{c2} + m_3 l_2) \cos(\theta_1 + \theta_2) + m_3 l_{c3} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)]$$

$$G_2 = g[(m_2 l_{c2} + m_3 l_2) \cos(\theta_1 + \theta_2) + m_3 l_{c3} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)]$$

$$G_3 = g\, m_3 l_{c3} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$$

*Doğrulama:* $m_3$=0, $\theta_3$=0 koşulunda ($\beta$=$\gamma$=0 ile) $C_1$, $C_2$ ifadeleri 2-DOF çalışmasındaki Coriolis teriminin birebir karşılığına indirgenmekte; benzer şekilde $G_1$, $G_2$ de 2-DOF yerçekimi vektörüne indirgenmektedir.

Sayısal entegrasyon ortamında sistemin ileri dinamiğini (açısal ivmeyi) hesaplamak için M($\theta$) matrisinin tersi alınarak:

$$\ddot{\theta} = M(\theta)^{-1}\left(\tau - C\left(\theta, \dot{\theta}\right) - G(\theta)\right)$$

denklemi kullanılır.

## 3. SİMÜLASYON MODELİ VE PID KONTROLCÜ YAPISI

Üç uzvun ucundaki nokta (end-effector), ileri kinematik ile aşağıdaki koordinatlara ve yönelime sahiptir:

$$x = l_1 \cos\theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_3 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

$$y = l_1 \sin\theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_3 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$$

$$\varphi = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3$$

(x,y) konumu 2 denklem sunarken sistemde 3 bilinmeyen ($\theta_1$, $\theta_2$, $\theta_3$) bulunduğundan, sistem kinematik olarak fazladan bir serbestlik derecesine (redundancy) sahiptir [4]. Bu çalışmada fazlalık, uç-uzvun yönelimini sabit bir değerde ($\varphi_d$=0, yani uç uzuv her zaman yatay) tutacak ek bir kısıtla çözülmüştür - bu, bir nesnenin yatay tutularak taşınması gibi pratik bir senaryoya karşılık gelmektedir.

Robotun uç noktasının A($x_i$, $y_i$) noktasından B($x_f$, $y_f$) noktasına yumuşak bir şekilde ulaşması için, 2-DOF çalışmasında kullanılan Gauss tabanlı üstel azalma fonksiyonu değişmeden kullanılmıştır:

$$P_x(t) = x_f + (x_i - x_f)\, e^{-k(t/T)^2}$$

$$P_y(t) = y_f + (y_i - y_f)\, e^{-k(t/T)^2}$$

Bu çalışmada A noktası (0.6, 1.3) m ve B noktası (1.4, 0.6) m, T=3 s olarak alınmıştır - 2-DOF çalışmasıyla aynı A ve B noktaları, karşılaştırılabilirlik açısından korunmuştur.

Oluşturulan anlık Kartezyen hedef ($P_x$, $P_y$), önce "bilek noktasına" (2. ve 3. uzuv arasındaki mafsala) geriye doğru taşınır:

$$x_w = x - l_3 \cos\varphi_d\,, \qquad y_w = y - l_3 \sin\varphi_d$$

Ardından ($x_w$, $y_w$) için, 2-DOF çalışmasındaki ile birebir aynı analitik ters kinematik denklemleri ($l_1$, $l_2$ uzunlukları için) çözülür:

$$D = \frac{x_w^2 + y_w^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_2}$$

$$\theta_2 = atan2\left(\sqrt{1 - D^2},\, D\right)$$

$$\theta_1 = atan2(y_w, x_w) - atan2(l_2 \sin\theta_2\,,\; l_1 + l_2 \cos\theta_2)$$

Son olarak üçüncü eklem açısı, yönelim kısıtından elde edilir:

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

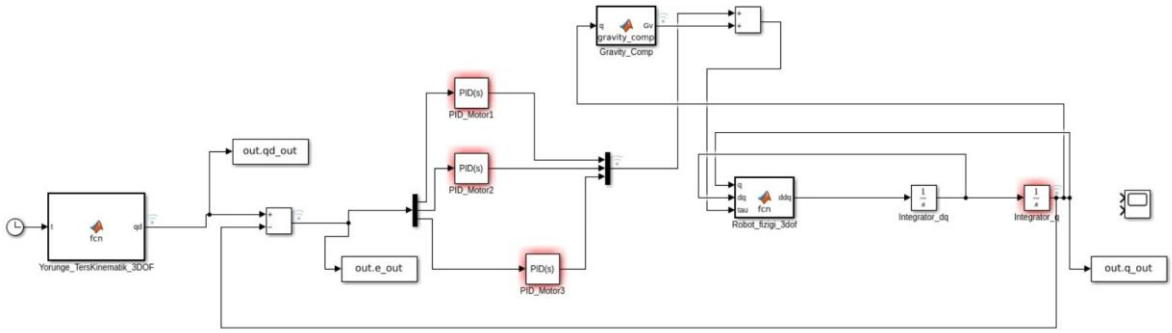
$$\theta_3 = \varphi_d - \theta_1 - \theta_2$$

Bu üç denklemden anlık olarak üretilen $\theta_{1d}$, $\theta_{2d}$, $\theta_{3d}$ referans açı profilleri, sistemin hedef giriş sinyali ($q_d$) olarak belirlenmiştir. 2-DOF çalışmasındaki gibi, her eklem için bağımsız katsayılara sahip paralel-form PID kontrol kuralı uygulanmaktadır:

$$\tau_i(t) = K_{p_i} e_i(t) + K_{i_i} \int_0^t e_i(\sigma)\, d\sigma + K_{d_i} \frac{de_i(t)}{dt}$$

Burada $e_i(t) = \theta_{id}(t) - \theta_i(t)$ anlık hata sinyalini ifade eder. Kapalı çevrim sistemin blok diyagramı Görsel 1'de gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 1. Üç Serbestlik Dereceli Robot Kolunun Kapalı Çevrim Blok Diyagramı ve PID Kontrol Mimarisi**

Görsel 1'de görüldüğü gibi, topoloji 2-DOF çalışmasıyla birebir aynıdır; tek fark Demux/Mux bloklarının 3 girişli/çıkışlı olması ve üçüncü bir PID bloğunun (bilek ekseni) eklenmesidir. Bu, Lagrange formülasyonunun ve manipülatör (M-C-G) yapısının serbestlik derecesinden bağımsız, genelleştirilebilir doğasının doğal bir sonucudur.

## 4. ÖZEL GENETİK ALGORİTMA MİMARİSİ

2-DOF çalışmasında kullanılan, sıfırdan kodlanmış GA mimarisi bu aşamada da temel alınmış, ancak arama uzayının 6 boyuttan 9 boyuta çıkması nedeniyle bazı parametreler ölçeklendirilmiştir [6], [10]. Tasarlanan algoritmanın adımları şöyledir:

**1. Başlangıç Popülasyonunun Üretilmesi:** $K_p \in [0,500]$, $K_i \in [0,100]$ ve $K_d \in [0,100]$ fiziksel sınırları içerisinde, her biri 9 genden ($K_{p1}$, $K_{p2}$, $K_{p3}$, $K_{i1}$, $K_{i2}$, $K_{i3}$, $K_{d1}$, $K_{d2}$, $K_{d3}$) oluşan 30 farklı kromozom (birey) üretilmiş ve bu popülasyon 60 nesil boyunca evrime tabi tutulmuştur. Popülasyon (20→30) ve nesil sayısı (50→60), 9 boyutlu arama uzayının 6 boyutlu uzaya göre daha geniş olması nedeniyle büyütülmüştür - GA literatüründe yaygın bir pratik olarak, arama uzayı boyutu arttıkça popülasyon ve nesil sayısının da artırılması, algoritmanın erken yakınsayıp yerel bir optimumda kalmasını önler.

**2. Uygunluk (Fitness) Değerlendirmesi:** Maliyet (Cost) fonksiyonu olarak, 2-DOF çalışmasındaki gibi Mutlak Hata İntegrali (IAE) kullanılmış, ancak üç eklemin hatalarını da kapsayacak şekilde genişletilmiştir:

$$J = \int_0^T \sum_{i=1}^{3} |e_i(t)| \, dt$$

Her bir katsayı seti için model arka planda çalıştırılmış ve robotun referans yörüngeden sapma miktarı toplanarak bireyin hata puanı belirlenmiştir.

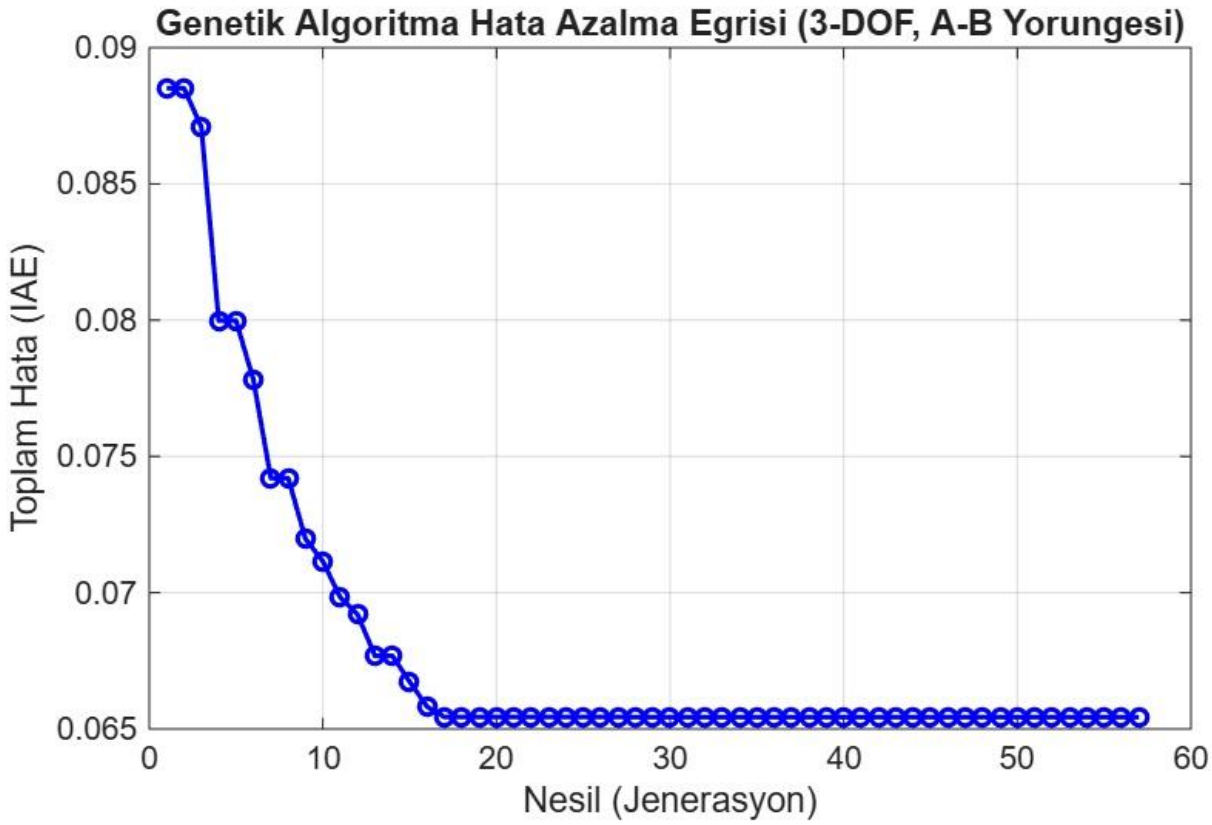
**3. Elitizm ve Doğal Seçilim:** Evrim sürecinde iyi genlerin kaybolmasını önlemek için elitizm stratejisi uygulanmıştır. Her nesildeki en düşük hata puanına sahip 2 birey, doğrudan bir sonraki nesle kopyalanmıştır [10].

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**4. Çaprazlama ve Mutasyon:** Geriye kalan bireyler, ebeveynlerin aritmetik çaprazlaması ile üretilmiştir. Popülasyonun yerel bir en iyi değere sıkışmasını (premature convergence) engellemek amacıyla %15 oranında Gauss tabanlı mutasyon uygulanmıştır.

## 5. SİMÜLASYON BULGULARI VE TARTIŞMA

Geliştirilen GA, 30 kişilik başlangıç popülasyonuyla başlamış ve 60 nesil boyunca koşturulmuştur. Optimizasyon sürecine ait hata azalma eğrisi incelendiğinde (Görsel 2), başlangıç neslinde (Nesil 1) 0.0885 olan IAE değerinin ilk 13 nesil boyunca kademeli bir düşüşle yaklaşık 0.0677 seviyesine indiği, 17. nesilden itibaren 0.0654 değerine ulaştığı ve bu değerin elitizm mekanizması sayesinde 60. nesile kadar sabit kaldığı görülmektedir. Bu davranış, popülasyonun 9 boyutlu arama uzayında görece erken bir aşamada iyi bir çözüm bölgesine yakınsadığını ve elit bireylerin sonraki nesillerde korunduğunu göstermektedir.




**Görsel 2. Özel GA motorunun nesillere göre iteratif hata (maliyet) düşürme performansı (3-DOF)**

Optimizasyon sürecinin tamamlanmasının ardından, eksenler için bulunan nihai kontrol katsayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

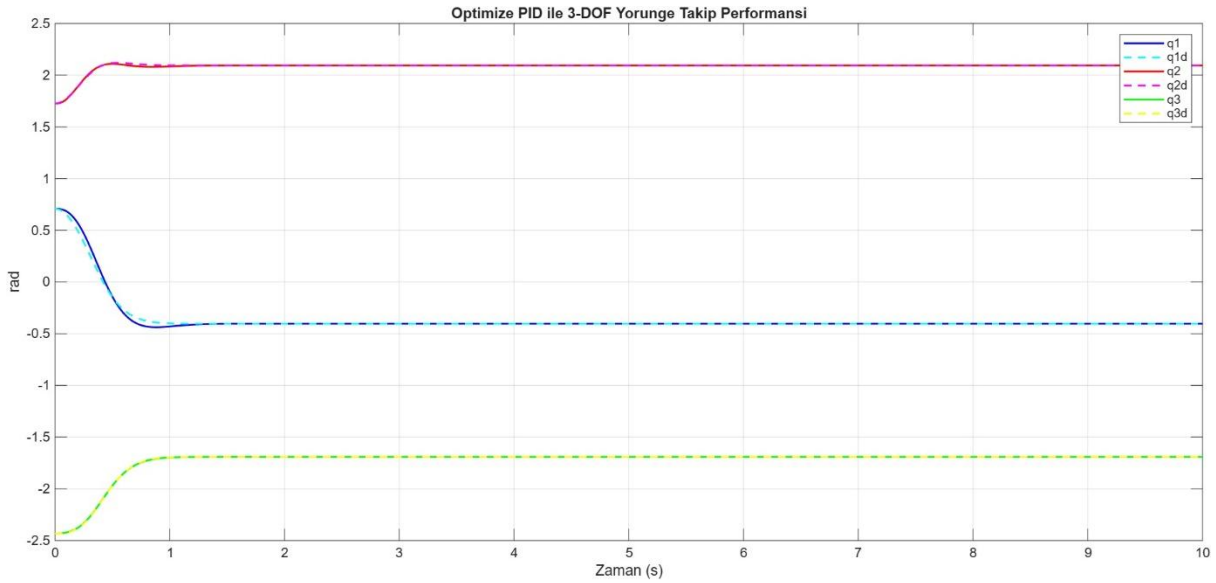
| Eksen / Eklem | Oransal (Kp) | İntegral (Ki) | Türevsel (Kd) |
|---|---|---|---|
| 1. Motor (Omuz) | 500.0000 | 0.0002 | 100.0000 |
| 2. Motor (Dirsek) | 19.0505 | 44.2215 | 55.9266 |
| 3. Motor (Bilek) | 259.5046 | 11.7216 | 73.9182 |

**Çizelge 1. Optimizasyon Sonucunda Bulunan Nihai PID Kontrolcü Katsayıları**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

2-DOF çalışmasında gözlenen örüntünün aksine, bu çalışmada optimum katsayılar tüm eksenlerde üst sınıra yakınsamamıştır: yalnızca omuz ekleminin oransal (Kp1=500) ve türevsel (Kd1=100) katsayıları arama uzayının üst sınırına ulaşırken, dirsek ve bilek eksenlerinin katsayıları (Kp2, Kp3, Kd2, Kd3) ile üç eksenin integral katsayılarının tamamı (Ki1, Ki2, Ki3) sınırların içinde kalmıştır. Ki1 katsayısının sıfıra çok yakın (0.0002) çıkması dikkat çekicidir; bu durum, omuz ekleminin kalıcı-hal hatasını gidermek için integral etkiye neredeyse hiç ihtiyaç duymadığını, oransal ve türevsel etkilerin (özellikle yerçekimi kompanzasyonuyla birlikte) bu eksen için yeterli olduğunu düşündürmektedir. Omuz ekleminin diğer iki uzvun toplam ağırlığını taşıması nedeniyle en yüksek Kp ve Kd değerlerine ihtiyaç duyması ise fiziksel olarak beklenen bir sonuçtur.

Bu optimum katsayıların modele yüklenmesiyle elde edilen kapalı çevrim yörünge takip performansı Görsel 3'te gösterilmektedir.

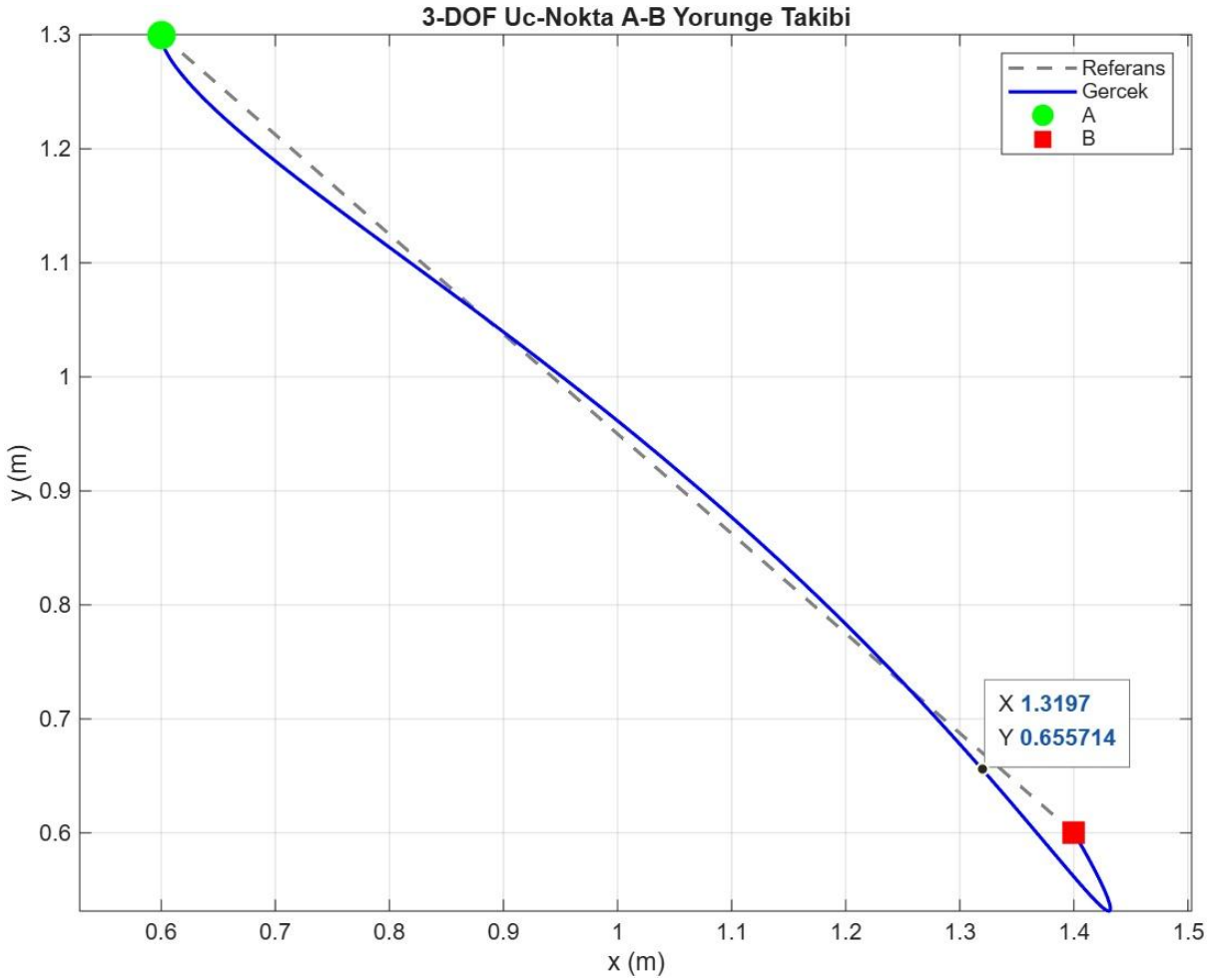



**Görsel 3. Optimize edilmiş PID katsayıları kullanılarak 3-DOF robotun referans yörüngeyi takip performansı**

Görsel 3'te, omuz ve dirsek eklemlerinin (θ1, θ2) t≈0.3-0.7 s civarında kısa süreli bir aşım (overshoot) gösterdikten sonra referanslarına yakınsadığı, bilek ekleminin (θ3) ise referansı daha yumuşak bir geçişle takip ettiği görülmektedir. Her üç eklem de yaklaşık t≈1.5 s'den itibaren referans değerlerine oturmuş ve simülasyonun geri kalanında bu değerlerde kararlı kalmıştır. Bu sonuç, önceki aşamada tespit edilen ve modelin kararsız (ıraksak) davranmasına yol açan geri besleme bağlantı hatasının giderilmesinin ve yerçekimi kompanzasyon teriminin G(θ) doğru şekilde eklenmesinin doğrudan bir sonucudur.

Uç-noktanın (end-effector) A noktasından B noktasına olan gerçek hareketi Görsel 4'te gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 4. 3-DOF Uç-Nokta (End-Effector) A-B Yörünge Takibi**

Görsel 4 incelendiğinde, uç-noktanın referans doğruyu (kesikli gri çizgi) baştan sona çok yakından takip ederek A noktasından B noktasına yumuşak bir şekilde ilerlediği görülmektedir. Hedefin hemen ötesinde küçük bir aşımın ardından uç-nokta B civarına yerleşmektedir; bu aşımın büyüklüğü, 2-DOF çalışmasında ve bu çalışmanın önceki (geri besleme hatası içeren) sürümünde gözlenen belirgin gezinme davranışına kıyasla gözle görülür şekilde azalmıştır. Bu iyileşme, hem hata geri besleme yapısının düzeltilmesinin hem de yerçekimi kompanzasyon teriminin doğru şekilde uygulanmasının bir sonucu olarak yorumlanabilir.

## 6. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, 2-DOF robot kolu çalışmasının doğal bir genişlemesi olarak, üç serbestlik dereceli düzlemsel bir robot kolunun Euler-Lagrange dinamiği sembolik olarak çıkarılmış ve elde edilen 3x3 boyutlu M($\theta$), C ve G($\theta$) ifadelerinin, $m_3$=0, $\theta_3$=0 özel durumunda 2-DOF sonuçlarına indirgenebildiği gösterilerek doğrulanmıştır. Üçüncü uzvun eklenmesiyle ortaya çıkan kinematik fazlalık, uç-uzvun yönelimini sabit (yatay) tutan bir kısıtla çözülmüş ve buna uygun analitik ters kinematik geliştirilmiştir.

9 değişkenli PID katsayı arama uzayında, 2-DOF mimarisinin popülasyon ve nesil sayısı büyütülerek genişletilen özel bir Genetik Algoritma kullanılmış; IAE maliyet fonksiyonu 0.0885'ten 0.0654'e düşürülmüştür. Optimum katsayılardan yalnızca omuz ekleminin oransal ve türevsel bileşenleri (Kp1, Kd1) arama uzayının üst sınırına yakınsamış; bu durum, omuz

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ekleminin diğer iki uzvun toplam ağırlığını taşıması nedeniyle en güçlü kontrol etkisine ihtiyaç duymasıyla açıklanabilir. Uç-nokta, A noktasından B noktasına kısa bir geçici rejimin ve hedefin hemen ötesinde küçük bir aşımın ardından başarıyla yerleşmiştir; bu aşımın büyüklüğü, çalışmanın ilk aşamasında tespit edilip giderilen bir geri besleme bağlantı hatasının düzeltilmesi ve yerçekimi kompanzasyon teriminin doğru şekilde uygulanmasıyla, önceki gözlemlere kıyasla belirgin ölçüde azalmıştır.

Serbestlik derecesi arttıkça, GA'nın her bireyi değerlendirmek için çalıştırdığı doğrusal olmayan simülasyonun hesaplama yükü de artmaktadır; 3-DOF'ta arama uzayı 1.5 kat büyürken, popülasyon ve nesil sayısının da büyütülmesi toplam simülasyon sayısını önemli ölçüde yükseltmiştir. Bu durum, planlanan nihai aşamada (3-DOF + Derin Öğrenme hibrit mimarisi), GA ile elde edilen optimum yörünge ve kontrol verilerinin bir Yapay Sinir Ağı'na öğretilerek, gerçek zamanlı çalışmada GA'nın tekrarlı simülasyon yükünden kaçınılmasının motivasyonunu güçlendirmektedir.

## KAYNAKLAR

[1] Craig, J. J. (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control (3rd ed.). Pearson Prentice Hall.

[2] Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2006). Robot Modeling and Control. John Wiley & Sons.

[3] Åström, K. J., & Hägglund, T. (2006). Advanced PID Control. ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society.

[4] Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). Robotics: Modelling, Planning and Control. Springer Science & Business Media.

[5] Das, S., & Suganthan, P. N. (2011). Differential evolution: A survey of the state-of-the-art. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 15(1), 4-31.

[6] Mirjalili, S. (2019). Genetic algorithm. In Evolutionary Algorithms and Neural Networks (pp. 43-55). Springer, Cham.

[7] Kelly, R., Santibáñez, V., & Loría, A. (2005). Control of Robot Manipulators in Joint Space. Springer.

[8] Lewis, F. L., Dawson, D. M., & Abdallah, C. T. (2003). Robot Manipulator Control: Theory and Practice (2nd ed.). Marcel Dekker.

[9] Biagiotti, L., & Melchiorri, C. (2008). Trajectory Planning for Automatic Machines and Robots. Springer Science & Business Media.

[10] Holland, J. H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems. MIT Press.

[11] De Jong, K. A. (1975). An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems (Ph.D. Thesis). University of Michigan.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

[12] Nguyen, H. T., Prasad, N. R., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2003). A First Course in Fuzzy and Neural Control. CRC Press.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# YAŞLI BİREYLERDE MONTESSORİ TEMELLİ UYGULAMALARIN KOGNİTİF FONKSİYON VE GÜNLÜK YAŞAM AKTİVİTELERİNE ETKİSİ: RANDOMİZE KONTROLLÜ ÇALIŞMA PROTOKOLÜ

**Arş. Gör. Semanur ÇELİK DEMİRYÜREK[1], Prof. Dr. Naile BİLGİLİ[2]**

[1]Kastamonu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği, sceliik@kastamonu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-3983-1664

[2]Gazi Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği, nbilgili@gazi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7639-0303

## ÖZET

Küresel olarak artan yaşam süresiyle birlikte yaşlı nüfus hızla artmaktadır. Yaşlanmaya bağlı bilişsel ve fiziksel değişimler, özellikle yaşamlarını kurum bakımında sürdüren yaşlı bireylerin bilişsel işlevlerini ve günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, yaşlı bireylere göre özelleştirilmiş uyarıcı etkinlikler, sağlıklarının korunması ve geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu kapsamda araştırmanın amacı, yaşlı bireylerde Montessori temelli uygulamaların kognitif fonksiyon ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Araştırma, ön test-son test randomize kontrollü deneysel bir çalışma olarak planlanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, huzurevinde yaşayan 65 yaş ve üzeri bireyler oluşturmakta, 30 deney 30 kontrol grubu olmak üzere toplam 60 katılımcıya ulaşılması hedeflenmektedir. Verilerin toplanmasında Kişisel Bilgi Formu, Standardize Mini Mental Test, Eğitimsizler İçin Mini Mental Durum Testi, Barthell Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği kullanılacaktır. Araştırmada Montessori temelli uygulamalar yaşlı bireylerle haftada 2 gün olmak üzere toplam 8 hafta boyunca yürütülecektir. Araştırma boyunca kontrol grubu rutin huzurevi etkinliklerine devam edecektir. Araştırma verileri IBM SPSS Statistics 25.0 programı kullanılarak analiz edilecektir. Bu araştırma için gerekli etik kurul izni ve kurum izni alınmış olup araştırmamız Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından desteklenmektedir. Bu bildiri randomize kontrollü deneysel çalışmanın bir protokolüdür. Çalışma tamamlandıktan sonra veriler analiz edilip bulgular açıklanacaktır.

**Clinical Trials Kodu:** NCT07758478

**Anahtar Kelimeler:** Yaşlı, Montessori, Kognitif, Günlük Yaşam Aktiviteleri

# THE EFFECTS OF MONTESSORI-BASED INTERVENTIONS ON COGNITIVE FUNCTION AND ACTIVITIES OF DAILY LIVING IN OLDER ADULTS: RANDOMIZED CONTROLLED STUDY PROTOCOL

## ABSTRACT

With increasing life expectancy worldwide, the older population is growing rapidly. Age-related cognitive and physical changes may adversely affect cognitive functioning and activities of daily living, particularly among older adults residing in long-term care institutions. Therefore,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

individualized stimulating activities tailored to the needs and abilities of older adults are important for maintaining and promoting their health. In this context, this study aims to evaluate the effects of Montessori-based interventions on cognitive function and activities of daily living among older adults. The study is designed as a pretest–posttest randomized controlled trial. The study population will comprise individuals aged 65 years and older residing in a nursing home, with a target sample of 60 participants, including 30 participants in the intervention group and 30 in the control group. Data will be collected using a Personal Information Form, the Standardized Mini-Mental State Examination, the Mini-Mental State Examination for the Illiterate, and the Barthel Index of Activities of Daily Living. The Montessori-based intervention will be implemented twice weekly for a total of eight weeks. Participants in the control group will continue their routine nursing home activities throughout the study period. The study data will be analyzed using IBM SPSS Statistics version 25.0. Ethical approval and institutional permission have been obtained for the study, which is supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Gazi University. This presentation reports the protocol of the randomized controlled trial. Upon completion of the study, the collected data will be analyzed and the findings will be reported.

**Clinical Trials No:** NCT07758478

**Keywords:** Older People, Montessori, Cognitive, Activities of Daily Living

## 1. GİRİŞ

Yaşam süresinin uzamasına bağlı olarak dünya genelinde yaşlı nüfusun sayısı ve toplam nüfus içerisindeki oranı giderek artmaktadır. Birleşmiş Milletler'in 2024 yılı verilerine göre, 65 yaş ve üzerindeki bireyler dünya nüfusunun %10,4'ünü oluşturmaktadır (United Nations, 2024). Türkiye'de de benzer şekilde 65 yaş ve üzeri nüfusun toplam nüfus içerisindeki oranı 2019 yılında %9,1 iken 2025 yılında %11,1'e yükselmiştir (TÜİK, 2025). Bu değişim, yaşlı bireylerin fiziksel ve ruhsal sağlık durumlarının daha kapsamlı biçimde ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Yaşlanma sürecinde ortaya çıkan fiziksel değişimler, bağımsız rollerin yerine getirilmesinde yaşanan güçlükler ve bilişsel bozukluklar, özellikle son yıllarda yaşlı bireylerin sağlık ve bakım gereksinimleri açısından önemli halk sağlığı sorunları arasında yer almaktadır (Latino ve Tafuri, 2024; Lisko ve ark., 2021).

Yaşlanma sürecinde meydana gelen değişimler fiziksel ve zihinsel süreçlerde yavaşlamaya sebep olabilmektedir (Kim, Kubzansky ve Smith, 2015). Bu süreçte yaşlı bireylerin günlük yaşamlarını ve bağımsızlıklarını etkileyebilecek fiziksel ve zihinsel reaksiyon sürelerinin uzaması, işlevsel kapasitede azalma ve çevresel uyaranlara karşı ilginin zayıflaması ile birlikte bilişsel süreçlerde değişimler görülebilmektedir (Lisko ve ark., 2021). Bilişsel gerileme bireylerin günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak sürdürme kapasitelerinin azalmasına yol açabilmektedir. Bu durum, yaşlı bireylerin bağımsız bir yaşamdan yarı bağımlı veya tam bağımlı bir yaşam biçimine geçmesine neden olmaktadır. Özellikle kurum bakımında yaşayan yaşlı bireylerde bilişsel ve işlevsel kayıpların desteklenmesi, yaşam kalitesinin ve bağımsızlığın korunması açısından önemli bir gereksinim haline gelmektedir (Biazus-Sehn ve ark., 2020; Hewston ve ark., 2021). Literatür doğrultusunda, yaşlı bireylerin bilişsel düzeyleri ve bireysel özellikleri dikkate alınarak planlanan etkinlik veya programların bilişsel fonksiyonlar, motor

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

beceriler ve günlük yaşam aktiviteleri üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmektedir (Feng ve ark., 2018; Karabulut, 2023; Kocaman ve ark., 2020). Bu kapsamda, son yıllarda demans bakımı başta olmak üzere yaşlı bireylerin bilişsel ve işlevsel kapasitelerinin desteklenmesinde öne çıkan yaklaşımlardan biri de Montessori temelli uygulamalardır (Çınar ve ark., 2022; Mondini ve ark., 2016; Simon ve ark., 2020). Montessori, başlangıçta çocukların bilişsel ve duyusal gelişimlerini desteklemek üzere geliştirilmiş ancak zaman içerisinde yaşlı bireylerin işlevsel kapasitelerini korumaya ve desteklemeye yönelik olarak yeniden uyarlanmıştır. Montessori, özellikle yaşlı bireylerin bilişsel gereksinimleri doğrultusunda yapılandırılan anlamlı etkinlikler aracılığıyla bireylerin yaşam kalitesini desteklemeyi, davranışsal sorunları azaltmayı ve katılımı teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Camp, 2010; Feng ve ark., 2018).

Montessori temelli uygulamalar, Maria Montessori tarafından 1907 yılında çocuklara yönelik geliştirilmiştir daha sonra farklı yaş gruplarına uyarlanmıştır. Bilişsel, sosyal ve işlevsel becerilerin çocuklara kazandırılması amacıyla görevlerin somuttan soyuta ve basitten karmaşığa doğru aşamalı bir biçimde öğretilmesi yoluyla uygulanmıştır. (Camp 2010; Feng ve ark., 2018; Malone ve Camp, 2007; Sheppard, McArthur ve Hitzig, 2016). Montessori temelli uygulamaların yaşlı bireyler için uygulanmasına yönelik ilk adımların ardından yaşlı bireylerin katılıma teşvik edilerek becerilerini geliştirmeleri desteklenmiştir. Yaşlı bireylere yönelik Montessori temelli uygulamalar, bireylerin mevcut yeteneklerine ve güçlü yönlerine odaklanmakta; bireyin yaşam tarzı, alışkanlıkları, ilgi alanları ve bireysel tercihleri doğrultusunda bireyselleştirilmiş program oluşturulmasını temel almaktadır (Brush, 2020; Rodrigues, 2023). Saygı, onur, eşitlik ve özerklik ilkelerine dayanan Montessori temelli uygulamalarda bilişsel kapasiteye uygun tanıdık materyaller kullanılmakta, görevler basitten karmaşığa doğru küçük ve yönetilebilir basamaklara bölünmesiyle tekrarlanmaktadır. Böylece bireylerin üretkenliklerinin desteklenerek, başarı duygusunu yaşamalarını ve kendi hızlarında öğrenmelerini sağlanmaktadır. Ayrıca bu yapı aracılığıyla bireylerin sosyal ve fiziksel çevreleriyle etkileşim kurmaları ve bağımsızlıklarının desteklenmesine olanak tanınmaktadır (Camp, 2010). Kişi merkezli bakıma dayanan Montessori temelli uygulamalar; yapılandırılmış etkinlikler sonucunda bireylerin bilişsel ve işlevsel kapasite ve günlük yaşam aktivitelerini desteklemeyi amaçlayan önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır (Berkovic ve ark., 2024; Camp ve ark., 2018). Ayrıca bu uygulamalar, bireylere başarı deneyimini yaşama fırsatı sunarak, özgüvenlerinin güçlenmesine ve etkinliklere daha ilgili bir şekilde katılım göstermelerine katkı sağlayabilmektedir (Brenner ve Brenner, 2012; Rodrigues, 2023).

Artan yaşla beraber ortaya çıkan kas gücü kaybı, hareket kısıtlılığı ve bilişsel işlevlerdeki gerileme, yaşlı bireylerin bağımsız yaşamlarını sürdürmelerini ve günlük yaşam aktivite kapasitelerini olumsuz etkileyebilmektedir (Chang ve ark., 2025; Lv ve ark., 2025). Montessori temelli uygulamalar da görevlerin küçük ve yönetilebilir basamaklara ayrılması, çevresel ipuçlarından yararlanılması ve bireyin mevcut kapasitesine uygun etkinliklerin planlanması yoluyla karmaşık bilişsel işlemleri azaltarak bilişsel ve işlevsel becerilerin desteklenmesini hedeflemektedir (Camp, 2010; Giroux, Robichaud ve Paradis, 2010; Mousavi ve ark., 2022). Bunun yanı sıra bilişsel, duyusal ve psikomotor süreçlerde bütüncül uyarım sağlayan bu uygulamaların bireylerin etkinliklere katılımını, özgüvenini ve fonksiyonel kapasiteyi destekleyerek günlük yaşam aktivitelerinin sürdürülmesine katkı sağlayabileceği

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

vurgulanmaktadır (Gambella ve ark., 2025; Sun ve ark., 2022). Literatürde Montessori temelli uygulamaların yaşlı bireylerde bilişsel işlevler, katılım ve yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bildirilmektedir (Booth ve ark., 2020; Feng ve ark., 2018; Rodrigues, 2023). Ancak Türkiye'de yaşlı bireylere yönelik Montessori temelli uygulamaların bilişsel fonksiyonlar ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisini birlikte değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doğrultuda, kişi merkezli bir yaklaşım sunarak yaşlı bireylerin mevcut işlevlerini sürdürmeye ve bağımsızlıklarını desteklemeye yönelik yenilikçi bu çalışmanın literatüre ve yaşlı bakım uygulamalarına katkı sağlaması beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı, Montessori temelli uygulamaların yaşlı bireylerin kognitif fonksiyonları ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

**Araştırmanın Hipotezleri**

**$H_0$1:** Montessori temelli uygulama grubu ile kontrol grubu arasında kognitif fonksiyon yönünden fark yoktur.

**$H_0$2:** Montessori temelli uygulama grubu ile kontrol grubu arasında günlük yaşam aktiviteleri yönünden fark yoktur.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Araştırmanın Türü

Bu araştırma ön test-son test randomize kontrollü deneysel bir çalışma olarak planlanmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1. Araştırmanın PICOS'a göre tanımı**

| PICOS | Çalışmadaki tanımı |
|---|---|
| Population (Araştırmanın Çalışma Grubu) | Huzurevinde yaşayan 65 yaş ve üzeri bireyler |
| Intervention (Müdahale) | Montessori temelli uygulamalar |
| Comparison (Karşılaştırma Grubu) | Huzurevinde yaşayan 65 yaş ve üzeri bireyler |
| Outcome (Sonuçlar) | Kognitif fonksiyon ve günlük yaşam aktiviteleri |
| Study Design (Çalışma Deseni) | Randomize kontrollü deneysel çalışma |

### 2.2. Araştırmanın Yapılacağı Yer ve Özellikleri

Araştırma, Kastamonu Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'na bağlı olarak faaliyet gösteren Güldal Akşit Huzurevi ve Rehabilitasyon Merkezi'nde yürütülecektir. Kurumda toplam 114 yaşlı birey bulunmakta, bir müdür, iki müdür yardımcısı, psikolog, fizyoterapist, diyetisyen, sosyal çalışmacı, hemşire, bakım personeli, teknisyen ve teknisyen yardımcısı ile birlikte büro, temizlik ve teknik hizmetler sınıfından çeşitli personeller görev yapmaktadır. Kurumda 1'er ve 2'şer kişilik toplam 72 oda bulunmaktadır. Ayrıca tesiste toplantı salonu, etkinlik salonu, görüşme odası, fizyoterapi salonu, kantin, yemekhane, ortak dinlenme alanları, ibadethane ve 24 saat kesintisiz hizmet veren sağlık birimi yer almaktadır.

### 2.3. Araştırmanın Çalışma Grubu

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Araştırmanın çalışma grubu, huzurevinde yaşayan yaşlı bireylerden oluşmaktadır. Araştırmanın örneklem hesaplamasında literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları göz önünde bulundurularak GPower programı ile %95 test gücü, %5 hata payı, 0,92 etki büyüklüğü ile her grupta 27 yaşlı birey olmak üzere toplam 54 birey bulunmasının yeterli olacağı hesaplanmıştır (Coşkun ve Çuhadar, 2025; Duru Aşiret, 2014; Liu ve ark., 2026). Çalışma sürecinde yaşanabilecek olası kayıplar göz önünde bulundurularak örneklem büyüklüğü %10 artırılmış ve toplamda 60 katılımcıya ulaşılması hedeflenmiştir.

GPower Protokolü;

**t tests** - Means: Difference between two independent means (two groups)

**Type of Power Analysis:** A priori: Compute required sample size

**Input:** Tail(s) = One

Effect size d = 0.92

α err prob = 0.05

Power (1-β err prob) = 0.95

Allocation ratio N2/N1 = 1

**Output:** Noncentrality parameter δ = 3.3984014

Critical t = 1.6746892

Df = 52

Sample size group 1 = 27

Sample size group 2 = 27

Total sample size = 54

Actual power = 0.9562588

### 2.4. Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri

Araştırmaya, 65 yaş ve üzerinde olan, Standardize Mini Mental Test (SMMT) puanı 18 ve üzeri olan ve araştırmaya katılmaya gönüllü olan yaşlı bireyler dahil edilecektir.

### 2.5. Araştırmadan Dışlama Kriterleri

Araştırmadan dışlama kriterleri, daha önce felç, Parkinson veya ileri osteoporoz gibi ciddi ortopedik ya da nörolojik rahatsızlık geçirmiş olmak, ileri düzeyde görme veya işitme kaybına sahip olmak ve kardiyovasküler hastalıklar nedeniyle fiziksel aktivite yapmasını önemli ölçüde kısıtlayan bir duruma sahip olmak şeklinde belirlenecektir. Ayrıca uygulama sürecinde iki oturumdan daha fazlasına katılmayan veya uygulama sırasında programa katılımını engelleyecek herhangi bir durum gelişen yaşlı bireyler araştırmadan çıkarılacaktır.

### 2.6.Randomizasyon ve Körleme

Araştırmaya, dahil edilme kriterlerini karşılayan, SMMT puanı 18 ve üzeri olan ve katılım için onam veren yaşlı bireyler dâhil edilecektir. Çalışmada bireyler “randomizer.org” kullanılarak

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

basit rastgele randomizasyon yöntemle deney ve kontrol gruplarına atanacaktır. Katılımcıların gruplara dağıtılmasının ardından, deney ve kontrol grupları belirlenecektir. Randomizasyon işlemi, araştırmanın tarafsızlığını sağlamak amacıyla araştırmacı dışında yetkilendirilmiş bir kişi tarafından gerçekleştirilecektir. Grup atamaları gizli tutulacak ve araştırmacı, katılımcıların hangi grupta yer aldığını yalnızca müdahale uygulamasına başlamadan önce öğrenecektir. Müdahalenin araştırmacı tarafından uygulanacak olması nedeniyle, katılımcı ve uygulayıcı körlemesi mümkün olmayacaktır. Ancak ölçüm yanlılığının azaltılması amacıyla veri analizi aşamasında değerlendirici körleme uygulanacak ve istatistiksel analizleri gerçekleştiren istatistikçi katılımcıların grup atamalarından haberdar edilmeyecektir.

### 2.7. Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları

Araştırmaya dahil edilme kriterlerini değerlendirmek amacıyla katılımcılara öncelikle SMMT/MMSE-E uygulanacaktır. Araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan katılımcılara ise ön test aşamasında Kişisel Bilgi Formu ve Barthel Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği uygulanacaktır. Sekiz hafta sürecek uygulamanın ardından bireylere SMMT/MMSE-E ve Barthell Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği ile son test uygulanacaktır (Çizelge 2).

**Çizelge 2. Veri Toplama Araçları ve Uygulama Süreçleri**

| Ölçüm Araçları | T0 (Başlangıç) | | T1 (8. Hafta) | |
|---|---|---|---|---|
| | Deney Grubu | Kontrol Grubu | Deney Grubu | Kontrol Grubu |
| Kişisel Bilgi Formu | X | X | - | - |
| SMMT / MMSE-E | X | X | X | X |
| Barthell Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği | X | X | X | X |

#### 2.7.1. Kişisel Bilgi Formu

Araştırmacılar tarafından literatür doğrultusunda oluşturulan Kişisel Bilgi Formu, katılımcıların yaş, cinsiyet, medeni durum, gelir ve eğitim düzeyi, kronik hastalık durumu, kurumda yaşama süresi ve kurum dışı izne çıkma sıklığı gibi özelliklerini değerlendiren toplam sekiz sorudan oluşmaktadır (Coşkun ve Çuhadar, 2025).

#### 2.7.2. Standardize Mini Mental Test (SMMT)

SMMT, bilişsel işlevlerin değerlendirilmesi amacıyla Folstein ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş; Molloy ve arkadaşları tarafından hazırlanan "Standardize Uygulama Kılavuzu" ile uygulanabilirliği ve güvenirliği artırılmış bir değerlendirme aracıdır (Folstein ve ark., 1975; Molloy ve Standish, 1997). Test 11 maddeden oluşmakta; yönelim, kayıt hafızası, dikkat ve hesaplama, hatırlama ve lisan olmak üzere beş temel alanı değerlendirmektedir. Testte her doğru

yanıt bir puan olarak hesaplanmakta ve test 30 puan üzerinden değerlendirilmektedir. SMMT'nin Türkiye'deki geçerlik ve güvenirlik çalışması Güngen ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Testte 23/24 puan demans açısından sınır değer olarak kabul edilmekte; 18–23 puan hafif, 10–17 puan orta ve 10 puan ve altındaki skorlar ise ciddi demans olarak değerlendirilmektedir (Güngen ve ark., 2002).

### 2.7.3. Eğitimsizler İçin Mini Mental Durum Testi (MMSE-E)

Ölçek, Ertan ve arkadaşları tarafından okuryazar olmayan bireyler için geliştirilmiştir (Ertan ve ark., 1999). Ölçeğin geçerlik ve güvenirlik çalışmaları ise, Babacan ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. MMSE-E; yönelim, kayıt belleği, dikkat, hesaplama, geri çağırma, dil ve mekânsal yetenekleri değerlendiren bölümleri mevcuttur. Toplam 30 puan üzerinden değerlendirilen testte 23/24 puan kesme puanı olarak kabul edilmektedir. Ölçeğin Cronbach α katsayısı 0,70 olarak bildirilmiştir (Babacan ve ark., 2016).

### 2.7.4. Barthell Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği

Ölçek bireylerin günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirme düzeylerini ve bağımsızlık durumlarını değerlendirmek amacıyla Mahoney ve Barthel tarafından geliştirilmiştir (Mahoney ve Barthel, 1965). Ölçek; beslenme, banyo yapma, kişisel bakım, giyinme, tuvalet kullanımı, transfer, mobilite ve merdiven çıkma gibi temel günlük yaşam aktivitelerini kapsayan toplam 10 başlıktan oluşmaktadır. Ölçeğin Türkçe geçerlilik ve güvenirlik çalışması Küçükdeveci ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Ölçek puanlamasında bağımsızlık düzeyi beş kategori üzerinden değerlendirilmekte, yüksek puanlar bireyin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyinin arttığını göstermektedir. En düşük bağımsızlık düzeyini gösteren 0–20 puan "tamamen bağımlı" olarak kabul edilirken, 21–61, 62–90 ve 91–99 puan aralıkları sırasıyla ileri, orta ve hafif derecede bağımlılığı göstermektedir. Ölçekten alınan 100 puan ise "tam bağımsız" olarak değerlendirilmektedir (Küçükdeveci ve ark., 2000).

## 2.8. Müdahale ve Araştırmanın Uygulanması

Araştırmada kullanılacak müdahale programı, demansı olan yaşlı bireyler için geliştirilen ve Montessori yaklaşımı temel alınarak yapılandırılan bir uygulama planına dayanmaktadır. Programın içeriği, Montessori temelli uygulamalar konusunda yapılan güncel literatür taraması ve daha önce uygulanan benzer programlardan elde edilen bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur (Rodrigues, 2023). Müdahale programının hazırlanmasında ayrıca yaşlı bireylerde bilişsel, fiziksel ve psikososyal işlevlerin desteklenmesine yönelik öneriler sunan uluslararası kuruluşlar dikkate alınmıştır (AMI, t.y.; ICCDP, t.y.) (Çizelge 3). Müdahalenin Montessori yaklaşımının temel ilkelerine uygun şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla araştırmacı, yaşlı bireylere yönelik Montessori eğitimini tamamlayarak Montessori Demans Bakım Uzmanı niteliğine sahip olmuştur.

Araştırmada müdahale programı deney grubundaki yaşlı bireylerle sekiz haftalık bir süreç boyunca, haftada iki uygulama olacak şekilde gerçekleştirilecektir. Uygulama sıklığının belirlenmesinde, yaşlı bireylerin haftada en az iki kez düzenli olarak uygulamalara katılmalarının programa uyumlarını kolaylaştırdığı ve müdahaleden daha fazla yarar sağlamalarına katkıda bulunduğu dikkate alınmıştır. Uygulamalar arasındaki sürenin çok uzun

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

olmaması, bireylerde süreklilik ve rutin oluşumunun desteklenmesi açısından da önem taşımaktadır (Lipton & Marshall, 2013). Araştırma boyunca kontrol grubu ise rutin huzurevi etkinliklerine devam edecektir.

**Çizelge 3. Montessori Temelli Uygulamaların Haftalık Çizelgesi**

| Hafta | Gün | Montessori Temelli Girişim |
|---|---|---|
| **1** | 1. Uygulama | Taş-Mum Boyama/Yaprak Boyama/ Kozalak Boyama |
| | 2. Uygulama | Bileklik/Kolye/Tespih Yapımı |
| **2** | 1. Uygulama | Puzzle Oyunu |
| | 2. Uygulama | Kişisel Bakım Aktiviteleri (Kıyafet Katlama, Diş Fırçalama, Giyinme vb.) |
| **3** | 1. Uygulama | Grup aktiviteleri (Egzersiz, Şarkı söyleme, Şiir okuma vb.) |
| | 2. Uygulama | Nesneleri Eşleştirme |
| **4** | 1. Uygulama | Top Oyunları |
| | 2. Uygulama | Sağlıklı Tabak Oluşturma |
| **5** | 1. Uygulama | Bowling |
| | 2. Uygulama | Çiçek Aranjmanı |
| **6** | 1. Uygulama | Ritim Tutma/Müzik Aleti Çalma |
| | 2. Uygulama | Teraryum Tasarım |
| **7** | 1. Uygulama | Top Oyunları |
| | 2. Uygulama | Koku, Tat ya da Dokunma ile Nesneleri Adlandırma |
| **8** | 1. Uygulama | Saksı Boyama |
| | 2. Uygulama | Çiçek Ekme/Bahçe İşleri |

### 2.9. Araştırmanın Etik Boyutu

Araştırmanın, Gazi Üniversitesi Etik Komisyonundan 22/09/2025 tarihli E-77082166-302.08.01-1337929 sayılı etik kurul onayı alınmıştır. Kurum izni için Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı"na başvuru yapılmış ve ilgili kurum izni alınmıştır (Tarih: 12/12/2025, Sayı: E-84459573-605-18790572). Araştırmaya katılmaya gönüllü olan yaşlılara, araştırmanın amacı ve çalışma öncesinde yapılacak uygulamalar hakkında bilgi verilecek ve katılmayı kabul eden kişilerden yazılı onam alınacaktır.

### 2.10. Araştırma Verilerinin Analizi

Verilerin analizi IBM SPSS Statistics yazılımı kullanılarak gerçekleştirilecektir. Katılımcıların demografik özellikleri ve başlangıç ölçümleri; sürekli değişkenler için ortalama ve standart sapma, kategorik değişkenler için frekans ve yüzde değerleri ile sunulacaktır. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Histogram grafiği, Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile değerlendirilecektir. Müdahalenin etkisini incelemek amacıyla, grup (deney/kontrol) ve zaman (ön test/son test) faktörlerini içeren two-way mixed ANOVA uygulanacaktır. Bu analiz kapsamında özellikle grup × zaman etkileşimi dikkate alınarak, müdahalenin deney grubunda kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir değişim oluşturup oluşturmadığı değerlendirilecektir. Gruplar arasında başlangıç ölçümleri açısından anlamlı bir fark saptanması durumunda, bu farkı kontrol altına almak amacıyla kovaryans analizi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

(ANCOVA) uygulanacaktır. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında ki-kare testi (gerekli durumlarda Fisher exact testi) kullanılacaktır. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilecektir.

## 3. SONUÇ

Bu metin yaşlı bireylerde Montessori temelli uygulamaların kognitif fonksiyon ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla planlanan randomize kontrollü bir çalışmanın protokolüdür. Bu çalışma ile yaşlı bireylere uygulanan Montessori temelli uygulamaların kognitif fonksiyon ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisinin belirlenmesine katkı sunulacaktır. Bu yönüyle çalışma, Montessori temelli uygulamaların yaşlı bireyler üzerinde uygulanabilirliğini ve etkinliğini ortaya koyarak, bütüncül ve birey merkezli bir yaklaşımın yaşlı bakımına entegrasyonu konusunda özgün ve yenilikçi bir yaklaşım sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmamızın sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden SKH 3: Sağlıklı ve Kaliteli Yaşam, SKH 4: Nitelikli Eğitim ve SKH 10: Eşitsizliklerin Azaltılması hedefleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca çalışma, ülkemizde "2026–2035 Aile ve Nüfus 10 Yılı" vizyonu kapsamında yaşlı bireylerin aktif ve sağlıklı yaşlanmalarının desteklenmesi, bilişsel ve işlevsel bağımsızlıklarının korunması ve yaşlı bakım hizmetlerinin güçlendirilmesine yönelik politika ve uygulamaların geliştirilmesine de katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

Association Montessori Internationale (AMI). (t.y.). Montessori for dementia and ageing. Erişim Adreis: https://mdda.montessori-ami.org/, Erişim Tarihi: 05.04.2026

Babacan-Yıldız, G., Emel, U. R., Kolukısa M., Işık, A. T., Gürsoy, E., Kocaman, G. ve Çelebi, A. (2016). Eğitimsizler için modifiye edilen Mini Mental Testin (MMSE-E) Türk toplumunda Alzheimer hastalığı tanısında geçerlik ve güvenilirlilik çalışması. Türk Psikiyatri Dergisi, 27(1), 41-46.

Berkovic, D., Macrae, Ann., Gulline, H., Horsman, P., Soh, S.-E., Skouteris, H., & Ayton, D. (2024). The Delivery of Person-Centered Care for People Living With Dementia in Residential Aged Care: A Systematic Review and Meta-Analysis. The Gerontologist, 64(5), gnad052. https://doi.org/10.1093/geront/gnad052

Biazus-Sehn, L. F., Schuch, F. B., Firth, J., & de Souza Stigger, F. (2020). Effects of physical exercise on cognitive function of older adults with mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. Archives of Gerontology and Geriatrics, 89, 104048.

Booth, S., Zizzo, G., Robertson, J., & Goodwin Smith, I. (2020). Positive Interactive Engagement (PIE): A pilot qualitative case study evaluation of a person-centred dementia care programme based on Montessori principles. Dementia, 19(4), 975-991.

Brenner, T., & Brenner, K. (2012). You say goodbye and we say hello: The Montessori method for positive dementia care. BrennerPathways.

Brush, J. A. (2020). Montessori for elder and dementia care. Health Professions Press.

Camp C. J. (2010). Origins of Montessori Programming for Dementia. Non-pharmacological therapies in dementia, 1(2), 163–174.

Camp, C., Bourgeois, M., & Erkes, J. (2018). Person-centered care as treatment for dementia. In G. E. Smith & S. T. Farias (Eds.), APA handbook of dementia (pp. 615–629). American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/0000076-033

Chang, C. H., Wang, F., Yang, K. L., Wang, L. Q., Wang, L. X., & Peng, N. (2025). Age-related differences in activities of daily living among older Chinese adults. Scientific Reports, 15(1), 34604.

Coşkun, E., & Çuhadar, D. (2025). The effect of cognitive stimulation therapy on daily life activities, depression and life satisfaction of older adults living with dementia in nursing home: Randomized controlled trial. Dementia, 24(1), 111-132.

Çınar, F. İ., Erpay, F., Yıldırım, E., Küçük, E. Ö., & Demirtaş, A. (2022). Demansta bilişsel aktiviteyi artırıcı yöntemler ve bakımda teknolojinin kullanımı. Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 9(3), 308-315.

Duru Aşiret, G. (2014). Anımsama Terapisinin Alzheimer Hastalarının Bilişsel Durumu, Depresyon ve Günlük Yaşam Faaliyetlerine Etkisi (366073) [Yüksek Lisans Tezi / Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Feng, Y., van Reijmersdal, R., Yu, S., Rauterberg, M., Hu, J., & Barakova, E. (2018). Dynamorph: Montessori inspired design for seniors with dementia living in long-term care facilities. In Intelligent Technologies for Interactive Entertainment: 9th International Conference, INTETAIN 2017, Funchal, Portugal, June 20-22, 2017, Proceedings 9 (pp. 49-58). Springer International Publishing.

Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R. (1975). “Mini Mental State” Apractical Method For Grading The Cognitive State of Patients For The Clinician. Journal Psychiatric Research, 12(3), 189-198.

Gambella, E., Lombardi, L., Cicconi, D., Raccichini, A., Paciaroni, L., Giuli, C., ... & Gagliardi, C. (2025). The Silver Agri Age project in Italy: a Montessori-inspired social intervention with older adults with mild cognitive impairment. Single-group pre-post pilot study protocol. Frontiers in Public Health, 13, 1561263.

Giroux, D., Robichaud, L., & Paradis, M. (2010). Using the Montessori approach for a clientele with cognitive impairments: A quasi-experimental study design. International Journal of Aging and Human Development, 71, 23–41.

Güngen, C., Ertan, T., Eker, E., Yasar, R., Engin, F. (2002). Standardize Mini Mental Testin Türk Toplumunda Hafif Demans Tanısında Geçerlik ve Güvenilirligi. Türk Psikiyatri Dergisi, 13(4), 273-281.

Hewston, P., Kennedy, C. C., Borhan, S., Merom, D., Santaguida, P., Ioannidis, G., ... & Papaioannou, A. (2021). Effects of dance on cognitive function in older adults: a systematic review and meta-analysis. Age and ageing, 50(4), 1084-1092.

International Council of Certified Dementia Practitioners (ICCDP). (t.y.). Certified Montessori Dementia Care Professional training (CMDCPT). Erişim Adresi: https://www.iccdp.net/cmdcpt-certification.php, Erişim Tarihi: 05.07.2026

Karabulut, M. C. (2023). Oyun temelli egzersizlerin 65 yaş üstü bireylerde fiziksel ve kognitif fonksiyonlar üzerindeki etkileri (Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Türkiye Ulusal Tez Merkezi.

Kim, E. S., Kubzansky, L. D., & Smith, J. (2015). Life satisfaction and use of preventive health care services. Health Psychology, 34(7), 779.

Kocaman, A. A., Kırdı, N., Aksoy, S., Elmas, Ö., & Yavuz, B. B. (2020). Yaşlı Bireylerde Kare Adım Egzersiz Eğitiminin Postüral Kontrol, Kognitif Fonksiyon ve Yürüyüş Üzerine Etkisi: Pilot Çalışma. Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi, 31(1), 11-20002E

Küçükdeveci, A. A., Yavuzer, G., Tennant, A., Süldür, N., Sonel, B., & Arasil, T. (2000). Adaptation of the modified Barthel Index for use in physical medicine and rehabilitation in Turkey. Scandinavian journal of rehabilitation medicine, 32(2), 87–92.

Latino, F., & Tafuri, F. (2024). Physical Activity and Cognitive Functioning. Medicina (Kaunas, Lithuania), 60(2), 216. https://doi.org/10.3390/medicina60020216

Lipton, A. M., & Marshall, C. D. (2013). The common-sense guide to dementia for cliniciansand caregivers. Springer Science + Business Media.

Lisko, I., Kulmala, J., Annetorp, M., Ngandu, T., Mangialasche, F., & Kivipelto, M. (2021). How can dementia and disability be prevented in older adults: where are we today and where are we going?. Journal of internal medicine, 289(6), 807-830.

Liu, M., Liu, Y., Lin, X., & Jiang, Y. (2026). Cognitive training combined with nursing care versus routine daily care in improving cognitive function and behavioral symptoms in elderly patients with dementia: A retrospective study. Medicine, 105(15), e48185.

Lv, G., Zhang, Y., Liu, S., Zhu, J., Chen, X., Wu, H., ... & Wang, R. (2025). Effect of leisure activities on cognitive and memory function in older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Clinical Neuroscience, 133, 111055.

Mahoney, F. I., & Barthel, D. W. (1965). Functıonal Evaluatıon: The Barthel Index. Maryland State Medical Journal, 14, 61–65.

Malone, M. L., & Camp, C. J. (2007). Montessori-based dementia programming®: Providing tools for engagement. Dementia, 6(1), 150-157.

Molloy, D.W., Standish, T.I.M. (1997). A Guide to The Standardized Mini Mental State Examination. International Psychogeriatry, 9, 87-94.

Mondini, S., Madella, I., Zangrossi, A., Bigolin, A., Tomasi, C., Michieletto, M., ... & Mapelli, D. (2016). Cognitive reserve in dementia: implications for cognitive training. Frontiers in aging neuroscience, 8, 84.

Mousavi, S. A., Aslani, M. A., Mohammadi, R. K., Bahramian, E., Zehtab, S., Bahramian, F., & Jalali, A. (2022). The effect of Montessori program in the elderly with dementia: a literature review. Journal of Public Health and Development, 20(3), 249-264.

Rodrigues, A. E. (2023). Montessori-Based Approach for Alzheimer's and Dementia: A Handbook for Implementing Activities in an Adult Day Care Program. California State University, Long Beach.

Sheppard, C. L., McArthur, C., & Hitzig, S. L. (2016). A systematic review of Montessori-based activities for persons with dementia. Journal of the American Medical Directors Association, 17(2), 117-122.

Simon, S. S., Castellani, M., Belleville, S., Dwolatzky, T., Hampstead, B. M., & Bahar-Fuchs, A. (2020). The design, evaluation, and reporting on non-pharmacological, cognition-oriented treatments for older adults: Results of a survey of experts. Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions, 6(1), e12024.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Sun, X., Sun, Z., & Ma, H. (2022). Effect of Montessori method on the cognitive and behavioral intervention of senile dementia patients: A meta-analysis. Aging Communications, 4(2), 7.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2026, 9 Temmuz). Dünya Nüfus Günü, 2026 (Sayı: 58197). Accessed from **https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/58197** 12.07.2026.

United Nations (UN). World population prospects. 2024. Accessed from https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summaryof-Results.pdf, on 12.07.2026.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MENOPOZ DÖNEMİNDE SEMPTOM YÖNETİMİNE YÖNELİK GÜNCEL KANITA DAYALI YAKLAŞIMLAR: ANLATISAL DERLEME

**Şengül Seda İNCELER**[1]
[1]*Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü Doktora Öğrencisi*
sedaac1243@gmail.com - http://orcid.org/0000-0003-4084-389X
**Dr. Öğr. Üyesi Seda Karaçay YIKAR**[2]
[2]*Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Adana, Türkiye*
sedakrcyyikar@gmail.com - https://orcid.org/0000-0003-1885-5376
**Prof. Dr. Evşen NAZİK**[2]
[2] *Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Adana, Türkiye*
eceevsen_61@hotmail.com - https://orcid.org/0000-0001-5464-4467

## ÖZET

Menopoz, kadın yaşamında fizyolojik, psikolojik ve sosyal değişimlerin yaşandığı önemli bir geçiş dönemidir. Bu süreçte görülen vazomotor semptomlar, genitoüriner semptomlar, uyku bozuklukları, bilişsel değişiklikler ve ruh hali değişiklikleri kadınların yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu anlatısal derlemede menopoz döneminde görülen yaygın semptomlar ve bu semptomların yönetiminde kullanılan güncel kanıta dayalı yaklaşımlar incelenmiştir. Kanıtlar; PubMed, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yer alan güncel araştırmalar, sistematik derlemeler, meta-analizler ile NICE, NAMS ve IMS başta olmak üzere uluslararası klinik uygulama rehberleri doğrultusunda sentezlenmiştir. Bulgular, menopozal hormon tedavisinin özellikle vazomotor semptomların yönetiminde en etkili yaklaşım olduğunu göstermektedir. Ayrıca bilişsel davranışçı terapi, düzenli fiziksel aktivite, sağlıklı beslenme, psikososyal destek ve dijital sağlık uygulamalarının semptom yönetimine katkı sağladığı bildirilmektedir. Genitoüriner semptomların yönetiminde vajinal östrojen uygulamaları etkili bulunurken, bireyselleştirilmiş bakım ve danışmanlık hizmetlerinin önemi vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, menopoz semptomlarının yönetiminde farmakolojik ve non-farmakolojik yöntemlerin birlikte değerlendirildiği bütüncül yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır. Hemşireler, eğitim, danışmanlık, semptom izlemi ve bakımın sürekliliğinin sağlanmasındaki rolleriyle menopoz bakımında önemli sorumluluk üstlenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Menopoz, menopozal semptomlar, menopozal hormon tedavisi, hemşirelik bakımı, kadın sağlığı.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# CURRENT EVİDENCE-BASED APPROACHES TO THE MANAGEMENT OF MENOPAUSAL SYMPTOMS: A NARRATİVE REVİEW

## Abstract

Menopause is a significant transitional stage in a woman's life characterized by physiological, psychological, and social changes. During this period, vasomotor symptoms, genitourinary symptoms, sleep disturbances, cognitive changes, and mood alterations may adversely affect women's quality of life. This narrative review examines the common symptoms experienced during menopause and current evidence-based approaches to their management. Evidence was synthesized from recent studies, systematic reviews, meta-analyses, and international clinical practice guidelines, particularly those published by the National Institute for Health and Care Excellence (NICE), The Menopause Society (formerly the North American Menopause Society [NAMS]), and the International Menopause Society (IMS), identified through searches of the PubMed, Scopus, and Web of Science databases. The findings indicate that menopausal hormone therapy remains the most effective intervention, particularly for vasomotor symptoms. In addition, cognitive behavioral therapy, regular physical activity, healthy nutrition, psychosocial support, and digital health interventions contribute to symptom management. Vaginal estrogen therapy is effective for genitourinary symptoms, while individualized care and counseling are essential. Overall, holistic approaches integrating pharmacological and non-pharmacological interventions are recommended, and nurses play a key role through education, counseling, symptom monitoring, and continuity of care.

**Keywords:** Menopause; menopausal symptoms; menopausal hormone therapy; nursing care; women's health.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# 1. GİRİŞ

Menopoz, kadının over fonksiyonlarının kalıcı olarak sona ermesi sonucunda menstrüasyonun durmasıyla karakterize edilen doğal bir yaşam dönemidir. Günümüzde yaşam süresinin uzamasıyla birlikte kadınlar yaşamlarının önemli bir bölümünü menopoz ve postmenopozal dönemde geçirmekte, bu durum menopozu bireysel ve toplumsal düzeyde önemli bir sağlık konusu haline getirmektedir. Menopoz süreci, östrojen ve progesteron düzeylerindeki azalmaya bağlı olarak ortaya çıkan biyolojik değişimlerin yanı sıra, fiziksel, bilişsel ve psikososyal boyutları olan çok yönlü bir geçiş dönemidir.

Bu dönemde en sık görülen semptomlar arasında vazomotor semptomlar (ateş basması, gece terlemesi), uyku bozuklukları, genitoüriner sendrom, kemik mineral yoğunluğunda azalma ve kardiyovasküler riskte artış yer almaktadır. Bununla birlikte, menopoz sürecinde bilişsel işlevlerde değişiklikler, dikkat ve hafıza sorunları ile ruh hali değişiklikleri de sık olarak bildirilmektedir. Menopoz deneyimi her kadında farklılık göstermekle birlikte, semptomların şiddeti ve süresi bireysel, çevresel ve sosyokültürel faktörlerden etkilenmektedir.

Menopoz semptomlarının yönetiminde menopozal hormon tedavisi etkili bir seçenek olmakla birlikte, her kadın için uygun olmaması ve bazı riskler taşıması nedeniyle alternatif ve tamamlayıcı yaklaşımlar da önem kazanmaktadır. Bu bağlamda yaşam tarzı düzenlemeleri, psikososyal destekler ve son yıllarda giderek yaygınlaşan dijital sağlık uygulamaları, menopoz yönetiminde bütüncül bir yaklaşımın parçası olarak değerlendirilmektedir. Özellikle sağlık hizmetlerine erişimin artırılması ve bakımın sürekliliğinin sağlanması açısından dijital sağlık çözümleri dikkat çekmektedir.

Bu çalışma, menopoz dönemine ilişkin güncel bilgileri bütüncül bir yaklaşımla ele almayı amaçlamakta olup; menopozun tanımı, fizyopatolojisi, görülen semptomlar, menopozal hormon tedavisi ve ilişkili riskler ile menopoz sürecinde ortaya çıkan bilişsel ve psikolojik değişiklikleri kapsamaktadır. Ayrıca menopoz döneminde depresif belirtilerin yönetiminde dijital sağlık uygulamaları ve hemşirelik bakımının rolü incelenmektedir.

## 2. Menopoz Döneminde Semptomlar ve Kanıta Dayalı Yaklaşım

Menopozla ilişkili hormonal değişiklikler, kadınların fiziksel, duygusal, bilişsel ve sosyal iyilik hali üzerinde önemli etkiler oluşturabilmektedir. Menopoz geçişi ve sonrasında ortaya çıkan semptomların sıklığı ve şiddeti bireyler arasında belirgin farklılıklar göstermektedir. Bazı kadınlar bu süreci minimal semptomlarla geçirirken, bazıları şiddetli semptomlar deneyimleyebilmekte ve bu durum günlük yaşam aktiviteleri ile yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Başlıca semptomlar arasında vazomotor semptomlar (sıcak basmaları ve gece terlemeleri), uyku güçlüğü, yorgunluk, ruh hali değişiklikleri, artan kaygı, çarpıntı, vajinal kuruluk, disparoni, mesane semptomları (sık idrara çıkma, acil idrar ihtiyacı ve idrar kaçırma), zihin bulanıklığı, eklem ağrıları, tırnak incelmesi, cilt/göz kuruluğu ve cilt ve saçta değişiklikler bulunur. Geçişte semptomların daha erken gelişmesinin, rahatsız edici semptomların daha uzun sürmesine işaret ettiği düşünülmektedir (Talaulikar, 2022).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 2.1. Vazomotor Semptomlar

Sıcak basmaları tipik olarak bir ila beş dakika süren, gündüz veya gece meydana gelebilen bir semptomdur. Tipik olarak yüz, boyun, baş veya göğüste başlar ve daha sonra gövde boyunca dışarı doğru yayılır. Bunlar, seks steroidlerinin yokluğuna yanıt olarak merkezi sinir sistemindeki termoregülasyondaki değişiklikler nedeniyle en sık geç perimenopozal ve erken postmenopozal dönemlerde meydana gelir. Vazomotor semptomlar günlük yaşam kalitesini etkiler ve uyku bozukluğuna, yorgunluğa ve düşük ruh haline neden olur. Çoğu kadında vazomotor semptomlar 1-6 yıl sürer; ancak kadınların yaklaşık %10-15'inde 15 yıl veya daha uzun süre devam edebilir (Gombert-Labedens et al;2025)

Menopoz ile ilişkili vazomotor semptomların yönetiminde hem NICE rehberi hem de North American Menopause Society (NAMS) önerileri doğrultusunda hormonal replasman tedavisi (HRT) en etkili tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır. NICE rehberine göre, bu semptomları yaşayan bireylere HRT önerilmekte olup, 2024 güncellemesi ile menopoz-spesifik bilişsel davranışçı terapinin (BDT), HRT'ye ek olarak ya da HRT'nin kontrendike olduğu veya birey tarafından tercih edilmediği durumlarda bir seçenek olarak değerlendirilmesi vurgulanmaktadır. Benzer şekilde NAMS önerilerine göre de HRT, güvenli kullanım kriterlerini karşılayan sağlıklı kadınlarda vazomotor semptomların en etkili tedavisi olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, bu kriterleri karşılamayan bireylerde, randomize kontrollü çalışmalarda semptom hafifletici etkisi gösterilen bilişsel davranışçı terapi, hipnoz, akupunktur ve hormonal olmayan reçeteli ilaç tedavileri gibi alternatif yaklaşımlar önerilmektedir (NICE, 2015; NAMS, 2023).

Menopoz yönetimine ilişkin güncel yaklaşımların ele alındığı uluslararası bir kongrede ise, vazomotor semptomların (VMS) yönetiminde hormonal olmayan tedavi seçenekleri özellikle vurgulanmıştır. Bu kapsamda, elinzanetant ve fezolinetant gibi nörokinin reseptör antagonistleri (NK1R ve NK3R), termoregülasyon mekanizmalarını hedef alarak semptom kontrolünde yeni ve hedefe yönelik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu ajanlar, özellikle hormon tedavisi kullanamayan veya tercih etmeyen kadınlar için umut vadeden alternatifler olarak değerlendirilmektedir (Simon et al;2025).

Menopozal dönemde görülen vazomotor semptomların yönetiminde non-farmakolojik yaklaşımlar destekleyici bir rol oynamakla birlikte, son yıllarda yaşam tarzı temelli müdahalelere yönelik kanıtlar artmaktadır. Bu kapsamda, diyetin semptomlar üzerindeki etkisini inceleyen randomize kontrollü bir çalışmada, bitki temelli beslenme ve soya içeriğinden zengin diyet uygulanan kadınlarda sıcak basması sıklığında ve şiddetinde anlamlı azalma olduğu gösterilmiştir (Barnard et al., 2023). Bu bulgular, beslenme düzeninin menopozal semptomların yönetiminde potansiyel bir müdahale alanı olabileceğini düşündürmektedir.

Orta ve şiddetli vazomotor semptomlara sahip menopoz sonrası kadınlarda uygulanan kombine direnç ve aerobik egzersiz programının etkilerini inceleyen bu randomize kontrollü çalışma ise, egzersizin menopozal semptomlar üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır. Bulgular, 12 haftalık egzersiz müdahalesinin vazomotor semptom şiddetinde ve somatik belirtilerde anlamlı ve güçlü bir iyileşme sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, egzersizin menopozal

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

semptom yönetiminde olumlu etkileriyle destekleyici bir müdahale olarak değerlendirilebileceğini düşündürmektedir (Babacan et al;2025).

### 2.2. Genitoüriner Semptomlar

Ürogenital sağlık, menopoz sonrası dönemde yaşam kalitesinin sürdürülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. İlk olarak 2014 yılında tanımlanan menopoz genitoüriner sendromu (GSM), diğer tıbbi durumlarla ilişkili olmaksızın tek başına veya eş zamanlı olarak ortaya çıkabilen ve genital, cinsel ve üriner semptomları içeren kompleks bir klinik tabloyu ifade etmektedir. GSM; kuruluk, yanma ve irritasyon gibi genital semptomların yanı sıra, kayganlıkta azalma, disparoni, libido kaybı ile uyarılma ve orgazm güçlüğü gibi cinsel semptomları ve sık idrara çıkma, ani idrar yapma isteği, dizüri ve tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonlarını kapsamaktadır. Menopozla birlikte östrojen ve androjen düzeylerindeki azalma, vajinal ve vulvar dokularda atrofiye yol açarak vajinal kayganlığın bozulmasına, kuruluk, yanma ve irritasyona neden olmakta; ayrıca vajinal pH'ın yükselmesi ve doku elastikiyetinin azalması sonucunda cinsel fonksiyonlar olumsuz etkilenerek ağrılı cinsel ilişki gelişebilmektedir (Cox et al., 2023). Menopoz sonrası kadınların yarısından fazlası GSM kapsamında yer alan semptomların bir kısmını veya tamamını bildirirken, bazı çalışmalarda en az bir semptomun görülme sıklığının %80'e kadar ulaştığı belirtilmektedir (Christmas et al;2024).

GSM tedavisinde yaşam tarzı değişiklikleri, vajinal nemlendiriciler ve kayganlaştırıcılar, lokal veya sistemik östrojen tedavisi, dehidroepiandrosteron (DHEA) ve ospemifen gibi farmakolojik seçenekler yer almaktadır. Yaşam tarzı düzenlemeleri arasında sigaranın bırakılması, düzenli cinsel aktivite ve pelvik taban egzersizleri semptomların hafifletilmesine katkı sağlarken, vajinal nemlendiriciler ve kayganlaştırıcılar özellikle cinsel ilişki sırasında oluşan rahatsızlığı azaltmada etkilidir ancak atrofik değişiklikleri geri döndürmez. Lokal östrojen tedavisi (krem, fitil veya halka formunda), GSM semptomlarının giderilmesinde etkili olup idrar kaçırma ve tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu sıklığını azaltırken, sistemik östrojen yalnızca daha şiddetli olgularda düşünülmelidir (Synder et al;2025). NICE rehberinin 2024 güncellemesine göre, meme kanseri öyküsü olmayan bireylerde menopozla ilişkili genitoüriner semptomların yönetiminde vajinal östrojen tedavisi önerilmekte ve tedavi düzenli olarak gözden geçirilmelidir. Vajinal östrojen kullanımına ilişkin danışmanlık sürecinde, ciddi yan etkilerin oldukça nadir olduğu, semptomların tedavi kesildiğinde tekrar edebileceği ancak gerektiğinde tedavinin yeniden başlanabileceği ve sistemik hormon tedavisine kıyasla minimal düzeyde sistemik emilim olduğu hastalara açıklanmalıdır. Tedavi seçimi sürecinde krem, jel, tablet, fitil veya vajinal halka gibi farklı formlar arasında hasta ile birlikte karar verilmesi önerilmekte olup vajinal östrojenin tek başına veya non-hormonal nemlendirici ve kayganlaştırıcılarla birlikte kullanılabileceği belirtilmektedir. Vajinal östrojenin kontrendike olduğu veya tercih edilmediği durumlarda non-hormonal nemlendirici ve kayganlaştırıcılar alternatif olarak önerilirken, bu yaklaşımların yetersiz veya tolere edilemez olduğu durumlarda vajinal prasteron değerlendirilmelidir. Lokal tedavilerin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda ise ospemifen oral tedavi seçeneği olarak düşünülebilir. Ayrıca, aşırı aktif mesane veya tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu eşlik eden olgularda vajinal östrojen kullanımına ilişkin yönetim, ilgili NICE rehberleri doğrultusunda ele alınmalıdır. (NICE,2015).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Meme kanseri öyküsü olan bireylerde menopoz yönetimi, özellikle hormonal tedaviye ilişkin güvenlik kaygıları nedeniyle ayrı bir klinik öneme sahiptir. Bu bağlamda, menopozla ilişkili genitoüriner semptomların yönetiminde öncelikle non-hormonal nemlendiriciler ve kayganlaştırıcılar önerilmektedir. Bu tedavilere rağmen semptomların devam etmesi durumunda vajinal östrojen tedavisi, non-hormonal ajanlarla birlikte kullanılmak üzere düşünülebilir; ancak bu kullanımın off-label olduğu ve dikkatle değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Aromataz inhibitörü tedavisi almakta olan bireylerde ise, tedavi seçeneklerinin belirlenmesinde meme kanseri uzmanı ile iş birliği yapılması önerilmektedir. Vajinal östrojenin güvenliği değerlendirilirken, bireyin meme kanseri nüks riski, vajinal östrojenin nüks üzerindeki etkisine ilişkin kanıtların belirsiz olduğu ve sistemik hormon tedavisine kıyasla minimal düzeyde sistemik emilim gösterdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Östrojen reseptörü negatif meme kanseri öyküsü olan bireylerde vajinal östrojenin sistemik emiliminin nüks riskini artırmasının olası olmadığı ve bu nedenle görece güvenli kabul edilebileceği belirtilirken, östrojen reseptörü pozitif meme kanseri öyküsü olan bireylerde sistemik emilimin nüks riskini artırıp artırmadığının bilinmediği, ancak tamoksifen gibi östrojen reseptörlerini bloke eden adjuvan tedavilerin bu potansiyel etkiyi azaltabileceği ifade edilmektedir (NICE, 2015; McVicker et al., 2024).

### 2.3. Bilişsel Değişiklikler ve Ruh Hali Değişiklikleri

Menopoz geçiş döneminde bilişsel işlevlerde değişiklikler sık bildirilen semptomlar arasında yer almaktadır. Nitekim yakın zamanda yapılan bir inceleme konsantrasyon, hafıza, planlama güçlüğü ve “beyin sisi” gibi bilişsel şikayetlerin menopoz dönemindeki kadınların %62–67’sinde görüldüğünü ve menopoz yaşının daha erken olmasının bu şikayetlerin sıklığını artırdığını ortaya koymuştur (Hogervorst et al;2022). Bilişsel işlevlerdeki bu değişiklikler, menopoz döneminde ruh sağlığı üzerindeki etkilerle de yakından ilişkilidir. Özellikle östrojenin, ruh halini düzenleyen bir nörotransmitter olan serotonin ile etkileşime girdiği bilinmektedir. Serotonine ek olarak, östrojen enerji seviyeleri, uyku ve uyarılma ile ilişkili bir nörotransmitter olan noradrenalin ile de etkileşime girer (Hogervorst et al;2022).

2023 yılında gerçekleştirilen 14 randomize klinik çalışmanın (RCT) meta-analizi, depresyonlu perimenopozal kadınlarda östrojen uygulamasının, tek başına veya progesteron veya antidepresanlarla birlikte, öncelikle östrojen seviyelerindeki dalgalanmaları azaltarak ve stabil hormon seviyesi sağlayarak fayda sağladığını göstermiştir (Zhang et al;2023). Tedavinin süresi hala tartışılmasına rağmen menopozun başlangıcından itibaren 10 yıl için tedavinin devam edilebileceğine değinilirken günümüzde bazı çalışmalar, faydaları risklerden ağır bastığı sürece, hastanın tercihi olması durumunda HRT'ye devam edilmesini önermektedir (Duralde et al;2023).

Bununla birlikte, menopoz geçişi ve ruh sağlığı arasındaki ilişkiye dair güncel kanıtlar, menopozun tüm kadınlar için depresyon riskini evrensel olarak artıran bir dönem olmadığını, ancak belirli risk gruplarında psikolojik semptomların belirginleşebildiğini göstermektedir. Özellikle şiddetli vazomotor semptomlar, uyku bozuklukları, uzun süren menopoz geçişi ve stresli yaşam olayları gibi faktörler depresif belirtiler açısından önemli belirleyiciler olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca daha önce depresyon öyküsü bulunan kadınların bu dönemde yeniden

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

depresyon geliştirme riskinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu doğrultuda, menopoz döneminde psikososyal danışmanlık yaklaşımlarının temel amacı, risk altındaki bireylerin erken dönemde tanımlanması, semptomların yalnızca hormonal değişimlere bağlanmasının önlenmesi ve kadınların uygun psikolojik destek ve tedavilere yönlendirilmesidir. Güncel öneriler, kadınlara menopoz süreci hakkında doğru ve dengeli bilgi verilmesini, olumsuz beklentilerin azaltılmasını ve baş etme stratejilerinin güçlendirilmesini vurgulamakta; bu bağlamda danışmanlık hizmetlerinin bireyselleştirilmiş, bütüncül ve süreklilik gösteren bir yapı içinde sunulmasının önemine dikkat çekmektedir (Brown et al., 2024).

Östrojenin ruh hali değişiklikleri üzerinde olumlu etkileri bulunmakla birlikte, menopoz geçişi sırasında veya menopoz döneminde bilişsel işlevdeki gerilemeyi önlemek ya da tedavi etmek amacıyla kullanımı önerilmemektedir. Nitekim NICE rehberi de hormon replasman tedavisinin demansın önlenmesi amacıyla kullanılmaması gerektiğine; özellikle ileri yaşta başlanan tedavinin demans riskini artırabileceğine dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, menopozla ilişkili bilişsel şikayetlerin yönetiminde doğrudan farmakolojik bir yaklaşım yerine, eşlik eden semptomların (örneğin depresif belirtiler ve uyku sorunları) yönetimine odaklanılmasını vurgulamaktadır (NAMS,2022;NICE 2015).

Eatemadnia ve arkadaşları tarafından yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada, *Hypericum perforatum*'un postmenopozal kadınlarda menopoz semptomları ve depresyon üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma bulguları, sarı kantaron kullanımının depresif belirtilerde anlamlı düzeyde azalma sağladığını ve buna ek olarak menopozla ilişkili semptomlarda da iyileşme oluşturduğunu göstermiştir. Müdahale grubunda özellikle duygudurum, yaşam kalitesi ve vazomotor semptomlar açısından olumlu sonuçlar elde edilirken, plasebo grubuna kıyasla daha belirgin bir iyileşme gözlenmiştir. Bu sonuçlar, *Hypericum perforatum*'un menopoz döneminde görülen depresif semptomların yönetiminde potansiyel olarak etkili bir tamamlayıcı tedavi seçeneği olabileceğini düşündürmektedir (Eatemadnia et al., 2019).

Benzer şekilde, bilişsel davranışçı terapi de menopoz semptomlarının yönetiminde etkili bir non-farmakolojik yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Rukure ve Husted tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme bulguları, bilişsel davranışçı terapinin menopoz dönemindeki kadınlarda yaşam kalitesini artırdığını ve depresyon, anksiyete ile uyku sorunları üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını ortaya koymaktadır (Rukure, Husted; 2025).

Menopoz döneminde ruh sağlığının desteklenmesinde dijital sağlık uygulamalarının ve hemşirelik bakımının rolü son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Güncel kanıtlar, çevrimiçi platformlar ve tele-sağlık temelli müdahalelerin, kadınların psikososyal destek hizmetlerine erişimini artırdığını ve bireyselleştirilmiş bakım sunumunu kolaylaştırdığını göstermektedir. Özellikle bilişsel davranışçı terapi, psikoeğitim ve danışmanlık içeriklerinin dijital ortamda sunulması; depresyon, anksiyete ve uyku sorunları gibi menopozla ilişkili semptomların yönetiminde etkili bulunmuştur (Evans et al.; 2024). Bu süreçte hemşireler, dijital sağlık araçlarını kullanarak danışmanlık sağlama, eğitim verme, semptom takibi yapma ve gerekli durumlarda uygun sağlık hizmetlerine yönlendirme gibi önemli roller üstlenmektedir. Ayrıca dijital tabanlı müdahaleler, bakımın sürekliliğini destekleyerek zaman ve mekân

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

kısıtlılıklarını ortadan kaldırmakta ve özellikle sağlık hizmetlerine erişimde güçlük yaşayan kadınlar için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, menopoz döneminde depresif belirtilerin yönetiminde hemşire liderliğinde yürütülen dijital psikososyal danışmanlık modellerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması önemli bir gereksinim olarak öne çıkmaktadır (Flanagen et al.; 2024).

### 2.4. Uyku Değişiklikleri

Menopoz dönemi, kadınların yaşam kalitesini etkileyen çok boyutlu bir süreç olup, özellikle uyku düzeni üzerindeki olumsuz etkileri ile dikkat çekmektedir. Küresel düzeyde değerlendirildiğinde, kadınların yaşamlarının yaklaşık üçte birinin hem menopoz hem de uyku sorunlarından etkilendiği ve bu durumun genel sağlık üzerinde önemli sonuçlar doğurduğu bildirilmektedir . Menopoz sürecinde sık görülen uyku bozuklukları arasında uykuya dalmada güçlük, gün içinde uyanıklığı sürdürmede zorlanma, melatonin salgılanmasında azalma ve sirkadiyen ritimde düzensizlik yer almakta olup, bu belirtiler klinik değerlendirme açısından önemli ipuçları sunmaktadır. Menopoz öncesi dönemdeki uyku bozuklukları çok faktörlüdür ve kadınların geçiş evresinin önemli bir belirtisini temsil eder. Fizyolojik değişiklikler, yaşam tarzı faktörleri ve gece terlemeleri, noktüri ve idrar kaçırma gibi menopoz belirtilerinin yanı sıra etnik ve sosyoekonomik faktörler de rol oynar. Anksiyete ve depresyon gibi duygu durum bozuklukları da bu durumla yakından ilişkilidir. Literatürde menopoz sonrası kadınların semptomlarını inceleyen çalışmalar, bu dönemde obstrüktif uyku apnesi gibi uyku bozukluklarının yaygınlığının arttığını göstermektedir (Troìa, et al;2025; Salari et al;2025).

Mevcut kanıtlar, menopozdaki kadınlarda uyku sorunlarıyla mücadele etmek için menopozal hormon tedavisinin kullanımını desteklemektedir, ancak hipnotik ilaçların menopozdaki kadınlarda uykuyu iyileştirmede daha az etkili olması ve yan etkiler nedeniyle daha yüksek bırakma oranlarına sahip olması nedeniyle, uyku ilaçlarının klinik uygulamada dikkatli kullanılması gerektiği unutulmamalıdır (Jia et al;2024).

Menopoz döneminde uyku bozukluklarının yönetiminde non-farmakolojik yaklaşımlar arasında yer alan yoga uygulamalarının da olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir. Randomize kontrollü bir çalışmada, 20 hafta süreyle uygulanan yoga programının menopoz semptomları ve uyku kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve yoga uygulamasının menopoz semptomlarını anlamlı düzeyde azalttığı gösterilmiştir. En belirgin iyileşme menopoz sonrası kadınlarda gözlenirken, bunu perimenopozal dönem izlemektedir. Ayrıca, sosyal destek, depresyon, anksiyete ve stres gibi değişkenler kontrol edildikten sonra, yoga uygulamasının menopoz sonrası ve perimenopozal kadınlarda uyku kalitesini anlamlı düzeyde artırdığı saptanmıştır ($p < 0,001$). Bununla birlikte, menopoz öncesi kadınlarda uyku kalitesi üzerinde anlamlı bir etki gözlenmemiştir (Susanti et al;2022). NAMS (2023) bildirisine göre ise yoga ve benzeri tamamlayıcı yaklaşımlar menopoz semptomlarının yönetiminde rutin olarak önerilmemekte, bu yaklaşımlara ilişkin kanıtların yetersiz ve tutarsız olduğu belirtilmektedir (NAMS, 2023).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 2.5. Kardiyovasküler Hastalık-Hipertansiyon

Hipertansiyon, kardiyovasküler hastalık ve kardiyovasküler hastalıkla ilişkili ölüm için önde gelen değiştirilebilir risk faktörü olmaya devam etmektedir ve kadınlar yaşlandıkça daha yaygın hale gelmektedir (Uddenberg et al.; 2024). Menopoz döneminde kardiyovasküler hastalık riskinde artış, birden fazla metabolik ve yaşam tarzına bağlı risk faktörünün bir araya gelmesiyle ilişkilidir. Bu dönemde lipid bozuklukları, tip 2 diyabet, obezite, hipertansiyon, sigara kullanımı ve sedanter yaşam tarzı gibi faktörler ön plana çıkmaktadır. Menopoz döneminde östrojen düzeylerinde meydana gelen azalma da kardiyovasküler hastalık riskinde artışa yol açmaktadır. Östrojenin azalması, merkezi düzeyde tokluk hissinin azalmasına bağlı olarak gıda alımının artmasına, fiziksel aktivitenin azalmasına ve uyku bozukluklarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu davranışsal değişikliklere ek olarak, kas dokusunda insülin duyarlılığının azalması, viseral yağlanmanın artması ve yağlı karaciğer gelişimi gibi metabolik etkiler gözlenmektedir. Söz konusu değişiklikler, insülin direncinin gelişmesine ve tip 2 diyabet riskinin artmasına zemin hazırlarken, aynı zamanda aterojenik lipid profilin (HDL kolesterolde azalma, LDL kolesterol ve trigliseridlerde artış) ortaya çıkmasına ve sistemik inflamasyonun artmasına katkıda bulunmaktadır. Tüm bu süreçlere ek olarak, östrojen yetersizliği vasküler endotel fonksiyonunu doğrudan bozarak damar sağlığını olumsuz etkilemekte; böylece metabolik ve vasküler mekanizmaların birleşik etkisi sonucunda menopoz döneminde kardiyovasküler hastalık riski belirgin şekilde artmaktadır (Davis & Babel ; 2022). Yakın zamanda yayımlanan ve on çalışmayı kapsayan bir sistematik derleme ve meta-analiz, 45 yaşından önce menopoz yaşayan kadınlarda arteriyel hipertansiyon gelişme riskinin, yaş, beden kitle indeksi (BKİ), sigara kullanımı ve menopozal hormon tedavisi (MHT) veya oral kontraseptif kullanımı gibi faktörlerden bağımsız olarak, 45 yaş ve sonrasında menopoz yaşayan kadınlara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir (OR: 1.10; %95 GA: 1.01–1.19). Bu ilişkinin altında yatan mekanizma tam olarak açıklanamamakla birlikte, daha kısa süreli endojen östrojen maruziyetinin bu artmış riskte rol oynayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, 50 yaş üzerindeki kadınların, aynı yaş grubundaki erkeklere kıyasla kan basıncında daha belirgin bir artış ve arteriyel hipertansiyon prevalansında daha yüksek oranlar sergilediği bildirilmektedir (Anagnostis et al;2020).

Yaşlanan kadın nüfusunda kardiyovasküler komplikasyonların yüksek sıklıkta görülmesine rağmen, güncel klinik rehberler menopozal hormon tedavisinin kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi veya tedavisi amacıyla rutin kullanımını desteklememektedir. Nitekim NICE ve NAMS rehberleri, hormon tedavisinin kardiyovasküler koruma amacıyla değil, uygun hastalarda menopoz semptomlarının yönetimi için değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, literatürde yer alan çok sayıda çalışma, over kaynaklı östradiol (E2) ve progesteron (P4) üretiminin kaybının vasküler ve miyokardiyal düzeyde olumsuz değişikliklerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca menopoz sonrası dönemde biyolojik olarak özdeş transdermal östradiolün yama veya jel formunda ve oral progesteron ile birlikte kullanımının, uygun hasta grubunda güvenli bir seçenek olabileceğini bildiren araştırmalar da bulunmaktadır. Bu durum, hormon tedavisinin kardiyovasküler hastalıkların primer önlenmesi için önerilmediğini, ancak bireysel risk–yarar dengesi çerçevesinde semptom

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

yönetiminde değerlendirilebileceğini göstermektedir (Gersh et al;2024; NICE,2015; NAMS,2022).

### 2.6. Osteoporoz

Osteoporoz, insanları etkileyen en yaygın kemik hastalığı olup, kemik gücünün azalmasıyla karakterize edilen ve kişiyi kırık riskine, özellikle de omurga ve kalça kırıklarına yatkın hale getiren genel bir iskelet bozukluğudur (NAMS,2021). Tüm bu kırıklar yaşam kalitesini etkileyen olaylar olmakla birlikte en sık menopoz sonrası kadınlarda görülür. Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl osteoporoza bağlı 2 milyondan fazla kırık meydana gelmektedir. Bu kırıkların çoğu menopoz sonrası kadınlarda görülmekte olup, kırıkların üçte ikisi 75 yaşından sonra meydana gelmektedir.

Menopoz sonrası dönemde over fonksiyonlarının sona ermesiyle birlikte dolaşımdaki östrojen düzeylerinde belirgin ve ani bir azalma meydana gelmektedir. Kadınlarda kemik yapısının erkeklere kıyasla daha küçük ve ince olması, bu hormonal değişimin kemik üzerindeki etkilerini daha belirgin hale getirmektedir. Östrojen düzeylerindeki düşüş, menopozdan yaklaşık bir yıl önce başlayan, menopoz sonrası ilk üç yıl boyunca hızlanan ve ardından kademeli olarak yavaşlamakla birlikte izleyen 4–8 yıl boyunca orta düzeyde devam eden belirgin bir kemik kaybı sürecine yol açmaktadır. Bu süreçte kemik mineral yoğunluğunda (BMD) ortalama yaklaşık %10 oranında azalma gözlenmekte olup, kadınların yaklaşık yarısında menopoz çevresindeki 5–7 yıllık dönemde bu kayıp %20'ye kadar ulaşabilmektedir. Menopoz sonrası kadınlarda düşük BMD için başlıca risk faktörleri arasında menopoz durumu, ileri yaş, genetik yatkınlık, zayıflık ve iskelet üzerinde olumsuz etkileri olan hastalıklar veya ilaçlar yer almaktadır. Düşük BMD'nin yanı sıra, daha önce geçirilmiş kırık öyküsü, ileri yaş, ebeveynlerde kalça kırığı öyküsü, ve diğer tıbbi sorunlar da kırık için önemli risk faktörleridir.

Postmenopozal dönemde kemik mineral yoğunluğunun değerlendirilmesinde DEXA altın standart olarak kabul edilmekle birlikte, Deshpande ve ark. (2023) tarafından yapılan sistematik derlemede bu yönteme alternatif çeşitli yaklaşımlar da tanımlanmıştır. Kantitatif bilgisayarlı tomografi (QCT) ve yüksek çözünürlüklü periferik QCT (HR-pQCT) kemik yoğunluğu ile birlikte kemik mikro mimarisini daha ayrıntılı değerlendirebilmesi açısından öne çıkarken, kantitatif ultrason (QUS) radyasyon içermemesi ve düşük maliyeti nedeniyle özellikle tarama amacıyla kullanılabilmektedir. Bunun yanı sıra, FRAX gibi araçlar doğrudan kemik yoğunluğunu ölçmemekle birlikte kırık riskinin belirlenmesinde tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Genel olarak bu yöntemler, DEXA'nın sınırlılıklarını destekleyici nitelikte olup klinik gereksinimlere göre tercih edilmektedir (Deshpande et al;2023).

Menopoz sonrası kemik sağlığına yönelik öneriler incelendiğinde, kemik kaybına ve kırık riskine katkıda bulunan faktörlerin ayrıntılı öykü, fizik muayene ve temel laboratuvar değerlendirmeleri ile belirlenmesi tüm rehberlerde ortak olarak önerilmektedir (NAMS, 2023; ACOG, 2022). Risk değerlendirmesinde NICE rehberi kırık riskinin FRAX gibi araçlarla bireyselleştirilmesini ön plana çıkarırken, diğer rehberler daha çok yaş ve klinik risk faktörlerine dayalı tarama yaklaşımını benimsemektedir (NICE, 2015; NAMS, 2023). 65 yaş ve üzeri kadınlarda kemik mineral yoğunluğu ölçümü genel olarak önerilmekle birlikte, ACOG

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ve NAMS bu yaklaşımı doğrudan desteklerken NICE yaş temelli yerine risk temelli taramayı vurgulamaktadır (ACOG, 2022; NAMS, 2023; NICE, 2015). Menopozal hormon tedavisinin kemik kaybını azaltıcı ve kırık riskini düşürücü etkisi NAMS, IMS ve Endocrine Society tarafından kabul edilmekte, ancak NICE bu tedaviyi osteoporoz için birinci basamak seçenek olarak konumlandırmamakta ve daha temkinli bir risk–fayda değerlendirmesi önermektedir (NAMS, 2023; IMS, 2023; Endocrine Society, 2022; NICE, 2015). Düşme önleme stratejileri, egzersiz ve yaşam tarzı değişiklikleri tüm rehberlerde ortak olarak yer almakla birlikte, ACOG daha yapılandırılmış çevresel düzenleme ve fonksiyonel değerlendirmeleri öne çıkarmaktadır (ACOG, 2022; IMS, 2023). Kalsiyum ve D vitamini desteği ise SOGC ve Endocrine Society tarafından desteklenmektedir (SOGC, 2021; Endocrine Society, 2022). Genel olarak, rehberler arasında temel bir uyum bulunmakla birlikte özellikle tarama stratejisi ve hormon tedavisinin konumlandırılmasında belirgin farklılıklar mevcuttur.

### 2.7. Menopozal Hormon Tedavisi (MHT)

Menopozal hormon tedavisi (MHT), menopoz döneminde azalan östrojen ve/veya progesteron hormonlarının yerine konmasını amaçlayan ve sistemik veya lokal formlarda uygulanabilen bir tedavi yaklaşımıdır. Temel amacı, menopozla ilişkili semptomların hafifletilmesi ve uzun dönem sağlık sonuçlarının iyileştirilmesidir (Cho et al;2023).

NAMS ve NICE kılavuzlarına göre hormon tedavisi özellikle vazomotor semptomların giderilmesinde en etkili tedavi seçeneğidir ve aynı zamanda genitoüriner semptomların iyileştirilmesi ile kemik kaybının önlenmesinde önemli rol oynar . Ayrıca uygun hasta grubunda kullanıldığında yaşam kalitesini artırdığı ve osteoporoz ile ilişkili kırık riskini azalttığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, hormon tedavisi her hasta için uygun değildir; özellikle hormon duyarlı kanser öyküsü olan bireylerde sistemik tedavi kontrendike kabul edilmekte ve tanı konulan hastalarda tedavinin kesilmesi önerilmektedir (NAMS,2022; NICE 2015). Bunun dışında komorbid hastalık varlığında (örneğin kardiyovasküler hastalık veya tromboemboli riski) tedavi kararı bireysel risk–yarar değerlendirmesi ile verilmelidir. Güncel rehberler, hormon tedavisinin başlanması ve sürdürülmesinde hastaya özgü yaklaşımın, en düşük etkili dozun kullanılması ve düzenli klinik izlemin esas olduğunu vurgulamaktadır

2003 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından menopozal hormon tedavisi ürünlerine “black box warning” eklenmiş ve bu uyarı meme kanseri, kardiyovasküler hastalık, inme ve tromboemboli gibi ciddi risklere dikkat çekmiştir. Ancak sonraki yıllarda elde edilen kanıtlar, bu risklerin özellikle ileri yaşta ve menopozdan uzun süre sonra tedavi başlanan kadınlarda daha belirgin olduğunu göstermiştir. Güncel veriler doğrultusunda FDA, 2025 yılında bu uyarıların kaldırılması yönünde düzenlemeler başlatmış ve hormon tedavisinde bireyselleştirilmiş risk–yarar değerlendirmesine dayalı yeni bir yaklaşım benimsenmiştir (FDA,2025). (MHT) güvenliği, özellikle meme kanseri ve kardiyovasküler hastalıklar açısından uzun yıllardır tartışılmaktadır.

MHT kullanımı her ne kadar etkili ve güvenli bir seçenek olsa da, bazı klinik durumlarda kontrendike olup dikkatli değerlendirme gerektirir. Güncel kılavuzlar, özellikle hormon duyarlı malignite öyküsü (özellikle meme kanseri), açıklanamayan vajinal kanama, aktif veya ciddi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

karaciğer hastalığı ve aktif ya da yakın dönem venöz tromboemboli varlığında sistemik MHT'nin genellikle önerilmediğini belirtmektedir (Machuca et al;2024). Bunun yanı sıra, koroner kalp hastalığı ve inme öyküsü olan bireylerde tedavi kararı mutlak kontrendikasyon olarak değerlendirilmemekle birlikte, bireysel risk–yarar analizi doğrultusunda dikkatle verilmelidir. Güncel yaklaşım, MHT'nin standart bir kontrendikasyon listesi yerine hastaya özgü faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmesini önermekte; yaş, menopoz süresi, eşlik eden hastalıklar ve semptom şiddeti gibi değişkenlerin tedavi kararında belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle MHT, uygun hasta grubunda, en düşük etkili dozda ve düzenli klinik izlem ile uygulanmalıdır (Vigneswaran et al;2022).

## KAYNAKÇA

Talaulikar V. (2022). Menopause transition: Physiology and symptoms. *Best practice & research. Clinical obstetrics & gynaecology*, *81*, 3–7. https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2022.03.003

Gombert-Labedens, M., Vesterdorf, K., Fuller, A., Maloney, S. K., & Baker, F. C. (2025). Effects of menopause on temperature regulation. *Temperature (Austin, Tex.)*, *12*(2), 92–132. https://doi.org/10.1080/23328940.2025.2484499

National Institute for Health and Care Excellence (NICE). (2024). *Menopause: diagnosis and management (NICE guideline NG23)*. https://www.nice.org.uk/guidance/ng23

The North American Menopause Society. (2023). *The 2023 nonhormone therapy position statement of The North American Menopause Society*. **Menopause, 30**(6), 573–590. https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002200

Simon, J. A., Davis, S. R., Lindén Hirschberg, A., Kiesel, L., Pompei, L. D. M., Reginster, J. Y., ... & Hillard, T. (2025). State of the art in menopause: current best practice approaches from the IMS World Congress 2024, Melbourne. *Climacteric*, *28*(2), 98-103.

Barnard, N. D., Kahleova, H., Holtz, D. N., Znayenko-Miller, T., Sutton, M., Holubkov, R., Zhao, X., Galandi, S., & Setchell, K. D. R. (2023). A dietary intervention for vasomotor symptoms of menopause: a randomized, controlled trial. *Menopause (New York, N.Y.)*, *30*(1), 80–87. https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002080

Yilmaz Babacan, G., Guler Cekic, S., Algun, Z. C., & Durmusoglu, A. F. (2025). Effects of exercise training on vasomotor symptoms and quality of life in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *BMC women's health*, *25*(1), 612. https://doi.org/10.1186/s12905-025-04231-y

Cox, S., Nasseri, R., Rubin, R. S., & Santiago-Lastra, Y. (2023). Genitourinary Syndrome of Menopause. *The Medical clinics of North America*, *107*(2), 357–369. https://doi.org/10.1016/j.mcna.2022.10.017

Christmas, M., Huguenin, A., & Iyer, S. (2024). Clinical Practice Guidelines for Managing Genitourinary Symptoms Associated With Menopause. *Clinical obstetrics and gynecology*, *67*(1), 101–114. https://doi.org/10.1097/GRF.0000000000000833

McVicker, L., Labeit, A. M., Coupland, C. A. C., Hicks, B., Hughes, C., McMenamin, Ú., McIntosh, S. A., Murchie, P., & Cardwell, C. R. (2024). Vaginal Estrogen Therapy Use and Survival in Females With Breast Cancer. *JAMA oncology*, *10*(1), 103–108. https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2023.4508

Horst, K., Cirino, N., & Adams, K. E. (2025). Menopause and mental health. *Current opinion in obstetrics & gynecology*, *37*(2), 102–110. https://doi.org/10.1097/GCO.0000000000001014

Hogervorst, E., Craig, J., & O'Donnell, E. (2022). Cognition and mental health in menopause: A review. *Best practice & research. Clinical obstetrics & gynaecology*, *81*, 69–84. https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2021.10.009

Office for National Statistics. Suicides in the United Kingdom: 2022 registrations, https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/bulletins/suicidesintheunitedkingdom/2022registrations (2022).

Duralde, E. R., Sobel, T. H., & Manson, J. E. (2023). Management of perimenopausal and menopausal symptoms. *BMJ (Clinical research ed.)*, *382*, e072612. https://doi.org/10.1136/bmj-2022-072612

Brown, L., Hunter, M. S., Chen, R., Crandall, C. J., Gordon, J. L., Mishra, G. D., Rother, V., Joffe, H., & Hickey, M. (2024). Promoting good mental health over the menopause transition. *Lancet (London, England)*, *403*(10430), 969–983. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02801-5

Eatemadnia, A., Ansari, S., Abedi, P., & Najar, S. (2019). The effect of Hypericum perforatum on postmenopausal symptoms and depression: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in medicine*, *45*, 109–113. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.05.028

Rukure, H., & Husted, M. (2025). Cognitive behavioural therapy for menopausal symptoms: a systematic review of efficacy in improving quality of life. *BMC women's health*, *26*(1), 58. https://doi.org/10.1186/s12905-025-04142-y

Evans, S., Van Niekerk, L., Orellana, L., O'Shea, M., Druitt, M. I., Jones, S., Corrigan, S., Heggen, C., Arashiro, Z., Baber, R., Satyen, L., Skvarc, D., & Mikocka-Walus, A. (2024). The need for biopsychosocial menopause care: a narrative review. *Menopause (New York, N.Y.)*, *31*(12), 1090–1096. https://doi.org/10.1097/GME.0000000000002441

Troìa, L., Garassino, M., Volpicelli, A. I., Fornara, A., Libretti, A., Surico, D., & Remorgida, V. (2025). Sleep Disturbance and Perimenopause: A Narrative Review. Journal of Clinical Medicine, 14(5), 1479. https://doi.org/10.3390/jcm14051479

Salari, N., Hasheminezhad, R., Hosseinian-Far, A., Rasoulpoor, S., Assefi, M., Nankali, S., Nankali, A., & Mohammadi, M. (2023). Global prevalence of sleep disorders during menopause: a meta-analysis. *Sleep & breathing = Schlaf & Atmung*, *27*(5), 1883–1897. https://doi.org/10.1007/s11325-023-02793-5

Valiensi, S. M., Belardo, M. A., Pilnik, S., Izbizky, G., Starvaggi, A. P., & Castelo Branco, C. (2019). Sleep quality and related factors in postmenopausal women. *Maturitas*, *123*, 73–77. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2019.02.008

Jia, Y., Zhou, Z., & Cao, X. (2024). Prevalence of poor sleep quality during menopause: a meta-analysis. *Sleep & breathing = Schlaf & Atmung*, *28*(6), 2663–2674. https://doi.org/10.1007/s11325-024-03132-y

Susanti, H. D., Sonko, I., Chang, P. C., Chuang, Y. H., & Chung, M. H. (2022). Effects of yoga on menopausal symptoms and sleep quality across menopause statuses: A randomized controlled trial. *Nursing & health sciences*, *24*(2), 368–379. https://doi.org/10.1111/nhs.12931

Ryczkowska, K., Adach, W., Janikowski, K., Banach, M., & Bielecka-Dabrowa, A. (2022). Menopause and women's cardiovascular health: is it really an obvious relationship?. *Archives of medical science : AMS*, *19*(2), 458–466. https://doi.org/10.5114/aoms/157308

Anagnostis, P., Theocharis, P., Lallas, K., Konstantis, G., Mastrogiannis, K., Bosdou, J. K., Lambrinoudaki, I., Stevenson, J. C., & Goulis, D. G. (2020). Early menopause is associated with increased risk of arterial hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, *135*, 74–79. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.03.006

Davis, S. R., & Baber, R. J. (2022). Treating menopause - MHT and beyond. *Nature reviews. Endocrinology*, *18*(8), 490–502. https://doi.org/10.1038/s41574-022-00685-4

Deshpande, N., Hadi, M. S., Lillard, J. C., Passias, P. G., Linzey, J. R., Saadeh, Y. S., LaBagnara, M., & Park, P. (2023). Alternatives to DEXA for the assessment of bone density: a systematic review of the literature and future recommendations. *Journal of neurosurgery. Spine*, *38*(4), 436–445. https://doi.org/10.3171/2022.11.SPINE22875

Cho, L., Kaunitz, A. M., Faubion, S. S., Hayes, S. N., Lau, E. S., Pristera, N., Scott, N., Shifren, J. L., Shufelt, C. L., Stuenkel, C. A., Lindley, K. J., & ACC CVD in Women Committee (2023). Rethinking Menopausal Hormone Therapy: For Whom, What, When, and How Long?. *Circulation*, *147*(7),597–610
https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.061559

U.S. Food and Drug Administration. (2025, November 10). *HHS advances women's health: Removes misleading FDA warnings from hormone replacement therapy*.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/hhs-advances-womens-health-removes-misleading-fda-warnings-hormone-replacement-therapy

Yang, L., & Toriola, A. T. (2024). Menopausal Hormone Therapy Use Among Postmenopausal Women. *JAMA health forum*, *5*(9), e243128. https://doi.org/10.1001/jamahealthforum.2024.3128

Machuca, J. N., & Rosales-Alvarez, C. P. (2024). Cardiovascular Disease in Women and the Role of Hormone Replacement Therapy. *Cureus*, *16*(9), e69752. https://doi.org/10.7759/cureus.69752

Vigneswaran, K., & Hamoda, H. (2022). Hormone replacement therapy - Current recommendations. *Best practice & research. Clinical obstetrics & gynaecology*, *81*, 8–21. https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2021.12.001

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# BREASTFEEDİNG İN THE AGE OF THE CLİMATE CRİSİS: A REVİEW FROM THE PERSPECTİVE OF MATERNAL INFANT HEALTH AND SUSTAİNABLE NUTRITION

**Gamze Nur KAYA**

Sakarya University, Faculty of Sciences , Midwifery

ORCID ID:https://orcid.org/0009-0007-5741-5775

gamzenurcukurlu@gmail.com

**Assoc.Prof.Dr. Canan Birimoğlu OKUYAN**

Sakarya University, Faculty of Health Sciences, Department of Public Health Nursing

ORCID ID:https://orcid.org/0000-0002-7339-6072

cananb@sakarya.edu.tr

## ABSTRACT

Climate change is one of the most significant global health threats of the 21st century, directly affecting maternal and infant health through multiple crises such as extreme heat, air pollution, food insecurity, and water scarcity. Pregnant women, breastfeeding mothers, and newborns are particularly vulnerable to the adverse effects of the climate crisis and face increased risks of anemia, low birth weight, prematurity, and neurodevelopmental problems due to resource limitations and food insecurity. This review aims to evaluate the effects of the climate crisis on maternal and infant health and to examine the importance of breastfeeding as a protective and sustainable health practice. Particularly during disasters and emergencies, limited access to safe water may increase the risk of infections and infant mortality associated with formula feeding. Breast milk is a safe and reliable source of nutrition that meets infants' nutritional needs without requiring clean water and supports immune function. Moreover, breastfeeding contributes to environmental sustainability by reducing the need for formula production, packaging, transportation, water consumption, and waste generation. Therefore, supporting breastfeeding is not only a practice that promotes maternal and child health but also a sustainable health approach that contributes to reducing the carbon footprint. In conclusion, breastfeeding is a fundamental public health strategy that protects maternal and infant health, supports sustainable nutrition, and should be prioritized in health policies in the era of the climate crisis.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Keywords:** Climate crisis; Breastfeeding; Breast milk; Maternal and infant health; Sustainable nutrition; Public health.

## 1.INTRODUCTION

The climate crisis is not only an environmental issue but also a major global public health threat that disproportionately affects vulnerable groups such as pregnant women, mothers, newborns, and infants. Rising temperatures and air pollution may increase the risk of pregnancy complications and adverse neonatal outcomes, while extreme weather events such as floods and storms can threaten maternal and newborn health through injuries, disruptions in healthcare services, and psychological stress (Deif & Deif, 2025; Roos et al., 2021; Reichelt et al., 2025). Climate change can also adversely affect maternal and infant health through indirect pathways, including food and water insecurity, malnutrition, and exposure to vector-borne diseases (Hadley et al., 2023; Haq et al., 2025; Oberlin & Wylie, 2023). These interconnected risks highlight the need to develop climate-resilient health systems that incorporate environmentally sustainable care practices and community-based interventions to protect maternal and infant health (Deif & Deif, 2025; Roos et al., 2021).

In this context, breastfeeding is a fundamental public health practice that is important for both promoting maternal and infant health and supporting environmental sustainability. Breastfeeding supports the healthy growth and development of infants, provides protection against infections, and contributes to reducing the risk of obesity and certain chronic diseases in the long term (Binns & Lee, 2019). It also provides important benefits for maternal health by supporting postpartum recovery and reducing the risk of certain types of cancer (Binns & Lee, 2019).

In addition to its health benefits, breastfeeding is an environmentally sustainable feeding method. Breast milk is a renewable and natural source of nutrition and contributes to reducing energy and resource use, waste generation, and environmental pollution because it does not require production, packaging, or transportation processes (Azza & Ayoub, 2022). Considering the energy, raw materials, packaging, and transportation requirements associated with formula production, the lower environmental burden of breastfeeding is also important in the context of combating climate change (Binns & Lee, 2019). From this perspective, supporting breastfeeding is a multidimensional approach that contributes not only to improving maternal and infant health but also to achieving the Sustainable Development Goals and building more environmentally resilient health systems in the context of the climate crisis (Katsinde & Srinivas, 2016). The aim of this review is to address the effects of the climate crisis on maternal and infant health, evaluate the importance of breastfeeding in terms of health and environmental sustainability, and highlight the roles of healthcare professionals in supporting breastfeeding in the context of the climate crisis.

## 2.EFFECTS OF THE CLİMATE CRİSİS ON MATERNAL AND INFANT HEALTH

Extreme temperatures, air pollution, and extreme weather events caused by climate change can adversely affect maternal and infant health through both direct and indirect mechanisms. Exposure to high temperatures during pregnancy may increase the risk of maternal heat stress

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

and dehydration, as well as lead to physiological changes such as reduced placental blood flow and the triggering of inflammatory responses (Luchters & Chersich, 2024; Samuels et al., 2024). These effects have been reported to be associated with adverse pregnancy and birth outcomes, including preterm birth, hypertensive disorders of pregnancy, and low birth weight (Luchters & Chersich, 2024; Samuels et al., 2024). Newborns are particularly vulnerable to extreme temperatures because of their limited capacity to regulate body temperature (Roos et al., 2021; Luchters & Chersich, 2024). In addition, exposure to high temperatures has been reported to be associated with an increased risk of low birth weight and stillbirth (Luchters & Chersich, 2024).

In addition to extreme temperatures, air pollution is an important environmental risk factor for maternal and child health. In particular, exposure to air pollutants such as particulate matter (PM2.5) and wildfire smoke during pregnancy has been associated with adverse outcomes, including preterm birth, low birth weight, and gestational hypertension (Padula & Raynes-Greenow, 2023; Verma & Chaudhary, 2025; Veras & Saldiva, 2024). During childhood, exposure to air pollution and wildfire smoke may increase the risk of asthma, respiratory tract infections, and other respiratory problems (Padula & Raynes-Greenow, 2023; Foo et al., 2023). Furthermore, long-term exposure to air pollution has been reported to have adverse effects on cognitive development and neurodevelopmental outcomes in children (Verma & Chaudhary, 2025; Veras & Saldiva, 2024). With climate change, the increasing frequency and severity of wildfires further exacerbate maternal and child health risks associated with deteriorating air quality.

The effects of the climate crisis on maternal and infant health are not limited to extreme temperatures and air pollution. Droughts, floods, and other extreme weather events may increase the risk of malnutrition and climate-sensitive infectious diseases among mothers and infants by limiting access to healthcare services, safe food, and clean water (Mnyigumba et al., 2025; Conway et al., 2024; Amekpor et al., 2025). In addition, climate-related disasters and displacement may disrupt the continuity of healthcare services, deepen existing health inequalities, and adversely affect maternal and infant health (Wheeler et al., 2022). Therefore, it is important to integrate maternal and child health into climate change policies and action plans, strengthen access to healthcare services, and consider the specific needs of vulnerable groups (Amekpor et al., 2025; Mnyigumba et al., 2025). In response to these impacts, it is important to support approaches that protect maternal and infant health while also contributing to environmental sustainability. One such approach is breastfeeding.

## 3. BREASTFEEDING AS A SUSTAINABLE FEEDING METHOD

Breastfeeding is a natural feeding method that provides the nutrients and bioactive components necessary for the healthy growth and development of infants and contributes not only to improving maternal and infant health but also to environmental sustainability (Mohapatra & Samantaray, 2023). Breastfeeding contributes to reducing the risk of infections and obesity in infants while also providing long-term health benefits for mothers, such as protective effects against certain types of cancer (Özilice & Günay, 2018).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

From an environmental perspective, breast milk offers significant advantages because it is a direct and renewable source of nutrition. Breastfeeding contributes to reducing the use of natural resources and energy, as well as waste generation, by decreasing the need for the industrial production, packaging, and transportation processes required for infant formula (Azza & Ayoub, 2022). Furthermore, by reducing the need for plastic, metal, and other materials used in formula production, breastfeeding helps limit environmental pollution and contributes not only to improving maternal and infant health but also to achieving the Sustainable Development Goals (Azza & Ayoub, 2022; Özilice & Günay, 2018). Accordingly, the support provided by healthcare professionals plays an important role in sustaining the health and environmental benefits of breastfeeding.

## 4. THE ROLE OF HEALTHCARE PROFESSİONALS IN SUPPORTING BREASTFEEDING

Healthcare professionals, particularly nurses and midwives, play an important role in the initiation and continuation of breastfeeding by providing education, counseling, and practical support. Breastfeeding education provided during pregnancy and the postpartum period helps mothers gain knowledge about the importance and benefits of breastfeeding and develop appropriate breastfeeding skills (Dhaurali & Shrestha, 2024; Passos & Pinho, 2016).

During climate-related disasters and crises, the role of healthcare professionals becomes even more important. In situations where access to clean water and appropriate hygiene conditions is limited, the safe preparation of infant formula may become difficult; therefore, supporting mothers in continuing breastfeeding may contribute to safe infant feeding (Dhaurali & Shrestha, 2024). In addition, raising awareness among healthcare professionals about the contribution of breastfeeding to environmental sustainability, alongside its health benefits, is important in the context of climate change (Couto et al., 2023). However, breastfeeding support should not place pressure on mothers; when breastfeeding is not possible, safe alternative feeding options appropriate to the needs of the mother and infant should be provided (Dhaurali & Shrestha, 2024).

## 5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The climate crisis is a major public health threat that affects maternal and infant health through both direct and indirect pathways, while breastfeeding supports maternal and infant health and provides an environmentally sustainable feeding approach due to its low resource use and waste generation. Particularly during disasters and crises, protecting and supporting breastfeeding is important for safe infant feeding. Accordingly, the competencies of nurses and midwives regarding climate change, sustainability, and breastfeeding counseling under disaster conditions should be strengthened, and breastfeeding support should be integrated into maternal and child health programs as well as climate and disaster policies. In this way, breastfeeding can be addressed as a fundamental public health approach that protects maternal and infant health while contributing to environmental sustainability.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## REFERENCES

**1.**Amekpor, F., Sakariyau, W., Kengo, N. E., Sandra, N. A., Agyapong, J., Dauda, Z., Kwarteng, S., Adedokun, D. A., and Darko, G. (2025). Integrating Maternal and Child Health Into Climate Change: A Holistic Approach. *Public health reviews*, *45*, 1607553. https://doi.org/10.3389/phrs.2024.1607553

**2**.Azza, A.-F., and Ayoub, A.-J. (2022). *Environmental Health and Infant Feeding.MCFC Eg.J.Breastfeeding*. *22*, 5-31. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20112959.v1

**3.**Binns, C. W., and Lee, M. K. (2019). Public health impact of breastfeeding. In D. V. McQueen (Ed.), *Oxford research encyclopedia of global public health*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190632366.013.66

**4.**Conway, F., Portela, A., Filippi, V., Chou, D., and Kovats, S. (2024). Climate change, air pollution and maternal and newborn health: An overview of reviews of health outcomes. *Journal of Global Health*, *14*. https://doi.org/10.7189/jogh.14.04128

**5.**Couto, C., Queirós, C., do Nascimento Prata, A. P., and Roquete, C. (2023). Nurse And Midwife Interventions To Protect, Promote And Support Breastfeeding: An Umbrella Review Protocol. *The Practising Midwife*, *26*(08), 40-44. https://doi.org/10.55975/csyz5430

**6.**Deif, O., and Deif, O. (2025). Maternal and Newborn Health at the Climate Crossroads: Sustainable Innovations for Climate-resilient Obstetrics and Gynecology. *KnE Social Sciences*, *10*(26), 26-38. https://doi.org/10.18502/kss.v10i26.19979

**7.**Dhaurali, S., and Shrestha, S. (2025). The role of nurses, midwives, and doulas on breastfeeding: changes during the COVID-19 pandemic. Frontiers in global women's health, 6, 1469428. https://doi.org/10.3389/fgwh.2025.1469428

**8.**Foo, D., Stewart, R., Heo, S., Dhamrait, G., Choi, H. M., Song, Y., and Bell, M. L. (2024). Wildfire smoke exposure during pregnancy and perinatal, obstetric, and early childhood health outcomes: A systematic review and meta-analysis. Environmental research, 241, 117527. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117527

**9.**Hadley, K., Talbott, J., Reddy, S., and Wheat, S. (2023). Impacts of climate change on food security and resulting perinatal health impacts. Seminars in perinatology, 151842. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.semperi.2023.151842

**10.**Haq, S.M.A., Mawa, J., Tasneem, N. et al. Nexus between climate change and maternal mortality: a review of literature. SN Soc Sci 5, 175 (2025). https://doi.org/10.1007/s43545-025-01212-8

**11.**Katsinde, S. M., and Srinivas, S. C. (2016). Breast feeding and The Sustainable Development agenda. *Indian Journal of Pharmacy Practice*, *9*(3), 144–146. https://doi.org/10.5530/IJOPP.9.3.2

**12.**Luchters, S., and Chersich, M. (2024). *HIGH Horizons - High temperature exposure in pregnancy and adverse maternal and neonatal outcomes: a systematic review and meta-**analysis***. **https://doi.org/10.5281/zenodo.12779148**

**13**.Mnyigumba, R., Hussein, Mohamed, Mwanga, S., Rajabu, W., Mkoma, S. L., Mchomvu, B., Kishenyi, S., Shaidi, E., Joaness, M., Mnyigumba, R., Hussein, Mohamed, Mwanga, S., Rajabu, W., Mkoma, S. L., Mchomvu, B., Kishenyi, S., Shaidi, E., and Joaness, M. (2025). Community and health workers' perspective on impacts of climate change on reproductive, maternal, and child health outcomes in Kilwa district council, Tanzania: a qualitative study. *BMC Public Health*, *25*(1), 3185. https://doi.org/10.1186/s12889-025-24343-2

**14**.Mohapatra, I., and Samantaray, S. R. (2023). Breastfeeding and Environmental Consciousness: A Narrative Review of Environmental Implications and Potential Contributions to Reduce Waste and Energy Consumption. Cureus, 15(9), e45878. https://doi.org/10.7759/cureus.45878

**15**.Oberlin, A. M., and Wylie, B. J. (2023). Vector-borne disease, climate change and perinatal health. *Seminars in perinatology*, *47*(8), 151841. https://doi.org/10.1016/j.semperi.2023.151841

**16.**Özilice, Ö., and Günay, T. (2018). Breastfeeding and sustainable development. *Journal of Dr. Behcet Uz Children's Hospital*, *8*(1), 1–7. https://doi.org/10.5222/BUCHD.2018.001

**17.**Padula, A., and Raynes-Greenow, C. (2023). Health Effects of Wildfire Smoke During Pregnancy and Childhood. *Geophysical Monograph*, 249–263. https://doi.org/10.1002/9781119757030.ch13

**18.**Passos, L. P., and de Pinho, L. (2016). *Profissionais de saúde na promoção ao aleitamento materno: revisão integrativa*. *10*(3), 1507–1516. https://doi.org/10.5205/1981-8963-V10I3A11092P1507-1516-2016

**19**.Reichelt, P., Schumacher, A., Meyer, N., and Zenclussen, A. (2025). Climate change and child health: The growing burden of climate-related adverse health outcomes. Environmental research, 285(Pt 3), 122502. https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122502

**20.**Roos, N., Kovats, S., Hajat, S., Filippi, V., Chersich, M., Luchters, S., Luchters, S., Luchters, S., Scorgie, F., Nakstad, B., Nakstad, B., and Stephansson, O. (2021). Maternal and newborn health risks of climate change: A call for awareness and global action. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*, *100*(4), 566-570. https://doi.org/10.1111/AOGS.14124

**21.**Samuels, L., Nakstad, B., Roos, N., Bonell, A., Chersich, M., Havenith, G., Luchters, S., Day, L. T., Hirst, J. E., Singh, T., Elliott-Sale, K., Hetem, R., Part, C., Sawry, S., Le Roux, J., and Kovats, S. (2022). Physiological mechanisms of the impact of heat during pregnancy and the clinical implications: review of the evidence from an expert group

meeting. International journal of biometeorology, 66(8), 1505-1513. https://doi.org/10.1007/s00484-022-02301-6

**22.** Veras, M. M., and Saldiva, P. H. N. (2025). Impact of air pollution and climate change on maternal, fetal and postnatal health. Jornal de Pediatria, 101(Suppl. 1), S48-S55. https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.10.006

**23.** Verma, J. P., and Chaudhary, P. (2025). Effects of Long-term Exposure to Air Pollution on Maternal and Child Health. *International Journal For Multidisciplinary Research*, *7*(2). https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i02.38883

**24.** Wheeler, S., Ateva, E., Churchill, R., Pleuss, E., McCallon, B., Storey, A., Akram, M., Carpio, M. T., Pillay, Y., and Fasawe, O. (2022). Short Communication: The Global Health Community Needs to Start Planning for the Impact of the Climate Crisis on Maternal and Newborn Health. *The Journal of Climate Change and Health*, *6*, 100131. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100131

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DİGİTAL TRANSFORMATİON İN BREASTFEEDİNG COUNSELİNG: MOBİLE APPLİCATİONS, TELEHEALTH, AND SOCİAL MEDİA-BASED SUPPORT APPROACHES

**Gamze Nur KAYA**

Sakarya University, Faculty of Sciences , Midwifery
ORCID ID:https://orcid.org/0009-0007-5741-5775

gamzenurcukurlu@gmail.com

**Assoc.Prof.Dr. Canan Birimoğlu OKUYAN**

Sakarya University, Faculty of Health Sciences, Department of Public Health Nursing

ORCID ID:https://orcid.org/0000-0002-7339-6072

cananb@sakarya.edu.tr

## ABSTRACT

Breastfeeding is one of the fundamental preventive health practices that support maternal and infant health. However, factors such as lack of knowledge, early return to work, insufficient social support, and difficulties in accessing professional counseling services may negatively affect the initiation and continuation of breastfeeding. The aim of this review is to evaluate the current status of digital approaches used in breastfeeding counseling and their role in midwifery practice. Current literature indicates that e-health, mobile health applications, telehealth services, chatbot-supported educational programs, and social media-based support interventions can enhance mothers' breastfeeding knowledge, self-efficacy, and access to professional support. Mobile applications provide valuable tools for breastfeeding monitoring, telehealth facilitates remote counseling, and social media offers opportunities for peer support and experience sharing. Nevertheless, differences in digital literacy, misinformation, data security concerns, and social pressures remain important limitations of these approaches. In conclusion, digital transformation represents a significant tool for increasing accessibility in breastfeeding counseling and has the potential to improve breastfeeding outcomes. Enhancing midwives' digital counseling competencies and guiding mothers toward reliable digital resources may contribute substantially to breastfeeding support.

**Keywords:** Breastfeeding, Human Milk, Digital Health, Mobile Health, Telehealth, Midwifery.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. INTRODUCTION

Breastfeeding is a fundamental public health practice for protecting maternal and infant health. Breast milk provides the nutrients necessary for growth and development while offering protection against infections through its immunological and bioactive components (Harmancıoğlu & Kabaran, 2019). Although WHO and UNICEF recommend exclusive breastfeeding for the first six months, only 40–50% of infants worldwide achieve this target (Yekeen et al., 2023; Tejaswini & Devi, 2025). These rates indicate a significant gap between recommendations and current breastfeeding practices.

The continuation of breastfeeding is influenced by multiple factors, including maternal knowledge and skills, breastfeeding self-efficacy, social support, and healthcare services. While inadequate knowledge and skills may make breastfeeding more difficult, higher self-efficacy and social support can positively influence breastfeeding duration (Handayani et al., 2010; Cangöl & Şahin, 2014; Huang et al., 2021; Lima et al., 2023). Therefore, counseling provided by healthcare professionals is important for the early identification and management of breastfeeding problems and for supporting mothers' knowledge, skills, and confidence (Cangöl & Şahin, 2014; Wu et al., 2025).

The digital transformation of healthcare services has expanded the use of new support models in breastfeeding counseling. Mobile health applications provide access to information and monitoring opportunities (Lewkowitz & Cahill, 2021; Velandia et al., 2026), while telelactation services enable mothers to receive remote support from healthcare professionals (Velandia et al., 2026; Ruivo & Félix, 2024). Social media and online communities can also facilitate information sharing and peer support (Dağlı et al., 2023; Soyombo, 2024). These approaches have the potential to improve the accessibility and continuity of breastfeeding support, particularly when time and geographical access are limited.

However, inequalities in digital access, inaccurate or unreliable information, and concerns regarding data privacy and security are important limitations of digital counseling (Dağlı et al., 2023; Soyombo, 2024; Ruivo & Félix, 2024). Therefore, digital applications should be regarded not as alternatives to face-to-face counseling but as tools that complement professional support. In this process, nurses and midwives need to have competencies in digital health literacy, the evaluation of reliable sources, remote communication, and data privacy.

The aim of this review is to examine mobile health applications, telehealth/telelactation services, and social media-based approaches used in breastfeeding counseling in light of current evidence; to identify their advantages and limitations; and to evaluate digital breastfeeding counseling from the perspective of nursing and midwifery practice.

## 2. DIGITAL BREASTFEEDING COUNSELING APPROACHES

Digital health technologies facilitate access to information and professional support in breastfeeding counseling. Mobile applications, telehealth, and social media-based approaches are among the prominent digital support tools in this field.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2.1. MOBILE APPLICATIONS

Mobile health (mHealth) applications offer opportunities such as breastfeeding monitoring, access to evidence-based information, personalized education, and communication with healthcare professionals. Studies have shown that mobile application-based interventions can improve breastfeeding knowledge and self-efficacy, particularly during the postpartum period (Ermiati et al., 2024; Tanrıverdi et al., 2025). Integrating personalized education and professional support into these applications may contribute to improving breastfeeding practices and reducing breastfeeding-related problems (Seyyedi et al., 2021; Acar & Şahin, 2024). However, the quality of information provided by existing applications varies considerably (Maga et al., 2024). Therefore, in addition to evidence-based content and professional involvement, telehealth and telelactation services also play an important role in digital breastfeeding counseling.

## 2.2. TELEHEALTH AND TELELACTATION

Telelactation enables mothers to remotely access healthcare professionals trained in breastfeeding through telephone or video consultations, thereby reducing geographical and physical barriers to care. This approach is particularly important in rural areas or regions where access to face-to-face services is limited (Kapinos et al., 2019). Through video consultations, breastfeeding positioning and infant latch can be assessed, and mothers can receive real-time feedback. Telelactation interventions have been reported to improve breastfeeding knowledge and confidence and to be associated with high levels of user satisfaction (Kapinos et al., 2019; Jones et al., 2025). During the COVID-19 pandemic, restrictions on face-to-face services further highlighted the importance of telehealth in maintaining the continuity of breastfeeding support (Bernstein et al., 2021). Although telelactation cannot replace face-to-face clinical assessment, it serves as a complementary approach that supports continuity of care, while social media facilitates information sharing and peer support.

## 2.3. SOCIAL MEDIA-BASED SUPPORT

Social media platforms and online communities enable mothers to access breastfeeding-related information, share their experiences, and receive peer support (Munyan & Kennedy, 2022). However, the dissemination of inaccurate or non-evidence-based information remains a significant concern. Bou Fakhreddine and Bou Karroum (2025) reported that only 38.8% of the breastfeeding-related Instagram posts they examined were completely accurate, while 36.3% were mostly or completely inaccurate, and that content created by healthcare professionals was of higher quality. Similarly, breastfeeding-related content created by professionals on video-based social media platforms has been shown to be of higher quality than content produced by non-professionals (Guo et al., 2025). These findings highlight the importance of healthcare professional involvement and the dissemination of reliable content in social media-based breastfeeding support, while chatbot-assisted applications are also emerging as a new approach that provides rapid and continuous access to information.

## 2.4. CHATBOT-ASSISTED APPLICATIONS

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Chatbot-assisted applications are emerging as digital tools that enable mothers to receive rapid responses to breastfeeding-related questions regardless of time and location, while also supporting breastfeeding education. Artificial intelligence-based tools have been reported to provide generally accurate and consistent breastfeeding-related information; however, they may have some limitations in reflecting up-to-date clinical information (Erkaya & Atalar, 2025). In addition, chatbots have been reported to answer a substantial proportion of frequently asked breastfeeding-related questions and may provide first-line informational support for mothers (Yadav et al., 2019). Digital and artificial intelligence-assisted applications have also shown potential to improve breastfeeding knowledge and skills, as well as breastfeeding self-efficacy and success (Surtania et al., 2023; Kerimoglu Yildiz et al., 2025). However, for their safe use, it is important that the information provided is current and evidence-based, that content is regularly updated, and that mothers are referred to healthcare professionals when necessary.

## 3. ADVANTAGES AND LIMITATIONS OF DIGITAL APPROACHES

Digital breastfeeding counseling can enhance the accessibility and continuity of breastfeeding services by facilitating mothers' access to information and professional support regardless of time and location (Dewanti et al., 2024; Velandia et al., 2026). Particularly in areas with limited access to healthcare services, remote counseling can provide advantages in terms of time and cost by reducing the need for travel (Dewanti et al., 2024; Gupta et al., 2024). In addition, digital interventions have been reported to positively contribute to exclusive breastfeeding practices by supporting mothers' breastfeeding knowledge and confidence (Ruivo & Félix, 2024; Velandia et al., 2026).

However, the effectiveness of digital counseling is closely associated with internet access, technological resources, and mothers' digital health literacy. Inequalities in access to the internet and digital tools may make it difficult to benefit from digital services, particularly among populations with limited resources (Dewanti et al., 2024; Gupta et al., 2024). Furthermore, inadequate digital health literacy, exposure to information of unverified accuracy, and risks related to the privacy and security of personal health data are among the major limitations (Dewanti et al., 2024; Velandia et al., 2026; Ruivo & Félix, 2024). Therefore, when expanding digital breastfeeding counseling, accessibility, information reliability, digital competence, and data security should be addressed together, while also considering the role of nurses and midwives in this process.

## 4. EVALUATION FROM A NURSING AND MIDWIFERY PERSPECTIVE

Nurses and midwives play an important role in integrating digital health technologies into breastfeeding support by providing accurate information, identifying breastfeeding-related problems at an early stage, and ensuring continuity of care. With the increasing use of digital health applications, healthcare professionals need to develop digital counseling competencies to use these tools effectively, safely, and ethically (Kalyani et al., 2025). Digital platforms facilitate access to breastfeeding education and professional support while also enabling nurses and midwives to guide mothers toward reliable and evidence-based resources (Dağlı et al., 2023). In addition, digital tools can support the tailoring of counseling to mothers'

individual needs and preferences (Topkara & Özerdoğan, 2024). However, limited digital literacy, institutional barriers, and cultural differences may restrict the effective use of these applications (Oliveira et al., 2023; Kalyani et al., 2025). Therefore, continuous professional education and the provision of evidence-based digital information are essential for strengthening the roles of nurses and midwives in digital breastfeeding counseling (Soyombo, 2024).

## 5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Digital health technologies have the potential to enhance the accessibility and continuity of breastfeeding counseling. Mobile applications can improve breastfeeding knowledge and self-efficacy, telehealth services can facilitate access to professional support, and social media can enhance access to information and peer support. However, digital inequalities, misinformation, variability in content quality, limited digital health literacy, and data security remain important limitations. Therefore, digital breastfeeding counseling should be considered not as an alternative to face-to-face care but as an integrated approach that complements professional care. The digital competencies of nurses and midwives should be strengthened, and mothers should be guided toward reliable and evidence-based resources. Future studies should evaluate the effects of digital interventions on long-term outcomes, such as breastfeeding duration and exclusive breastfeeding. In this way, digital transformation can contribute to the development of a sustainable, mother-centered, evidence-based model of care guided by healthcare professionals.

## REFERENCES

**1.**Acar, Z., and Şahin, N. (2024). Development of a mobile application -based breastfeeding program and

evaluation of its effectiveness. Journal of pediatric nursing, 74, 51–60. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2023.11.011

**2.**Bernstein, H. H., Chen, M., Subramanian, P., Feinstein, J., Reichert-Anderson, P., Schepers, A., and Andria, W. (2021). Using telehealth to support expectant and breastfeeding moms during the COVID-19 pandemic. Pediatrics, 147(3_MeetingAbstract), 989-990. https://doi.org/10.1542/peds.147.3MA10.989b

**3.**Bou Fakhreddine, A., and Bou Karroum, S. (2025). Evaluating the Accuracy and Quality of Breastfeeding-Related Information on Instagram. Breastfeeding medicine : the official journal of the Academy of Breastfeeding Medicine, 20(12), 939–944. https://doi.org/10.1177/15568253251383914

**4.**Cangöl, E., and Şahin, N. (2014). Emzirmeyi Etkileyen Faktörler ve Emzirme Danışmanlığı (Factors Affecting Breastfeeding and Breastfeeding Counselling). Zeynep Kamil Tıp Bülteni, 45(3), 100-105. https://doi.org/10.16948/zktb.80388

**5.**Dağlı, E., Topkara, F. N., and Aktaş Reyhan, F. (2023). Digital transformation in breastfeeding education and consultancy of midwives. Journal of Health Sciences Institute, 8(Special Issue), 366-369. https://doi.org/10.51754/cusbed.1322517

**6.**Dewanti, L. P., Sitoayu, L., and Idarto, A. (2024). Digital Tele-Counseling for Sustainable Maternal Health Services in Indonesia Focus on Telelactation. IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI), 6(1), 10-20. https://doi.org/10.34306/itsdi.v6i1.673

**7.**Erkaya, R., and Atalar, S. (2025). Evaluating the accuracy and reliability of ChatGPT in breastfeeding counseling: A literature-based assessment. Medicine Science, 14(3), 745-754. https://doi.org/10.5455/medscience.2025.04.109

**8.**Ermiati, E., Suherman, A. A., Cahyani, R., Putri, M. U. A., Parwati, H. C., Rahmawati, N. R., Khalam, S., and Srimurni, N. A. (2024). Penggunaan aplikasi kesehatan untuk media edukasi kesehatan pada ibu hamil: Narrative review. MAHESA: Malahayati Health Student Journal, 4(12), 5680–5696. https://doi.org/10.33024/mahesa.v4i12.15758

**9.**Guo, L., He, Y., Guo, Y., Wang, R., Wang, X., Fu, W., et al. (2025). Breast or bottle: A content analysis of infant feeding recommendation videos on YouTube, Bilibili, and TikTok [Preprint]. Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6321827/v1

**10.**Gupta, M., Mishra, A., and Kumar, P. (2024). Impact of digitalization in maternal healthcare: Maternal healthcare with modern digitalization technique. In Modernizing maternal care with digital technologies (pp. 207–227). IGI Global. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3711-0.ch009

**11.**Handayani, L., Md Kosnin, A., and Yeo, K. J. (2010). Social support, knowledge, attitude, and self-efficacy as predictors on breastfeeding practice. http://eprints.utm.my/id/eprint/14945/

**12.**Harmancıoğlu, B., and Kabaran, S. (2019). Breast Milk: Its Role in Early Development of the Immune System and Long-Term Health. Open Journal of Obstetrics and Gynecology, 09(4), 458-473. https://doi.org/10.4236/OJOG.2019.94045

**13.**Huang, Y., Liu, Y., Yu, X.-Y., and Zeng, T.-Y. (2021). The rates and factors of perceived insufficient milk supply: A systematic review. Maternal & Child Nutrition, 18:e13255. https://doi.org/10.1111/mcn.13255

**14.**Jones, C. D., Peng, C., Jones, R. D., Smith, D., Leal, K., Leal, M., Meyers, S. D., Bogulski, C. A., Porter, A. C., and Eswaran, H. (2025). Assessing the impact of telehealth lactation support on initiating and sustaining breastfeeding among Medicaid patients. Telemedicine and e-Health, 31(11). https://doi.org/10.1177/15305627251365129

**15.**Kalyani, B., Baretto, J. S., Shiralashetti, I., Kottalagi, I., Chiraladinni, U., Chavadannavar, M. P., N R, D., and Umar, M. (2025). Current nursing and midwifery role in shaping digital health policy and practices for nursing professionals: an integrative systematic

review. International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and Gynecology, 14(11), 3942-3954. https://doi.org/10.18203/2320-1770.ijrcog20253544

**16.**Kapinos, K. A., Kotzias, V., Bogen, D. L., Ray, K. N., Demirci, J. R., Rigas, M. A., and Uscher-Pines, L. (2019). The Use of and Experiences With Telelactation Among Rural Breastfeeding Mothers: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. Journal of Medical Internet Research, 21(9). https://doi.org/10.2196/13967

**17.**Kerimoglu Yildiz, G., Turk Delibalta, R. and Coktay, Z. Artificial intelligence-assisted chatbot: impact on breastfeeding outcomes and maternal anxiety. BMC Pregnancy Childbirth 25, 631 (2025). https://doi.org/10.1186/s12884-025-07753-3

**18.**Lewkowitz, A. K., and Cahill, A. G. (2021). Mobile Health Approaches to Breastfeeding. Clinical obstetrics and gynecology, 64(2), 384-391. https://doi.org/10.1097/GRF.0000000000000606

**19.**Lima, M. E. M., Corrêa, L. F. da S., Freitas, U. C. de, Mercês, M. M. das, Pinto, J. C. T., Martins, M. I. da S., Vilhena, A. R. de, Nunes, A. S., Gadelha, E. C. B., and Silva, L. (2023). Determinantes que influenciam na continuidade da prática do aleitamento materno. Revista Eletrônica Acervo Saúde. https://doi.org/10.25248/reas.e13440.2023

**20.**Maga, G., Magon, A., Pedrina, D., Pappalardo, M., Del Bo, E., Conte, G., Caruso, R., and Arrigoni, C. (2024). Mobile Health Applications (mHealth apps) for breastfeeding: a qualitative review using the Mobile Application Rating Scale. 115(3), 138–147. https://doi.org/10.1701/4211.42044

**21.**Munyan, K., and Kennedy, E. (2022). Perceptions of online informational social support among mothers in a lactation-focused virtual community: A survey study. Women's health (London, England), 18, 17455057221125088. https://doi.org/10.1177/17455057221125088

**22.**Oliveira, A. C. S., Cortez, E. N., and Medeiros, I. C. de. (2023). Papel do profissional da enfermagem no aleitamento materno: uma revisão integrativa de literatura. Research, Society and Development, 12(6), e17312642197. https://doi.org/10.33448/rsd-v12i6.42197

**23.**Ruivo, F., and Félix, M. T. (2024). Digital technologies to support breastfeeding in postpartum women who breastfeed: A scoping review. Pensar Enfermagem, 28(Sup), 356. https://doi.org/10.71861/pensarenf.v28isup.356

**24.**Seyyedi, N., Rahmatnezhad, L., Mesgarzadeh, M., Khalkhali, H. R., Seyyedi, N., and Rahimi, B. (2021). Effectiveness of a smartphone-based educational intervention to improve breastfeeding. International Breastfeeding Journal, 16(1), 70. https://doi.org/10.1186/S13006-021-00417-W

**25.**Soyombo, D. A. (2024). Digital health tools for breastfeeding mothers: a comparative review between Nigeria and the US. Int J appl res soc sci, 6(4), 549-566.https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i4.1009

**26.**Surtania, S., Anggorowati, A., and Juniarto, A. Z. (2023). Media Edukasi Berbasis Aplikasi terhadap Kemampuan Ibu Menyusui. Journal of Telenursing (Joting), 5(1), 1189-1197. https://doi.org/10.31539/joting.v5i1.5655

**27.**Tanrıverdi, D. Ç., Karaahmet, A. Y., and Bilgiç, F. Ş. (2025). Results of Interventions to Increase Breastfeeding Self-Efficacy: Systematic Review and Meta-Analysis. International journal of nursing practice, 31(5), e70063. https://doi.org/10.1111/ijn.70063

**28.**Tejaswini, I., and Devi, T. B. (2025). Empowering through breastfeeding: The critical role of nurses in maternal and child health promotion. Scientific Journal, 3(1), 58-62. https://doi.org/10.5281/zenodo.15533055

**29.**Topkara, N., and Özerdoğan, N. (2024). Emzirmenin Desteklenmesinde Mobil Uygulama Kullanımı. TOGÜ Sağlık Bilimleri Dergisi, 4(2), 211-222. https://doi.org/10.52369/togusagbilderg.1318706

**30**.Velandia, S. M., Sabogal Hurtado, D. A., and Hernández Rincón, E. H. (2026). Remote and digital support interventions to improve exclusive breastfeeding outcomes: a scoping review. https://doi.org/10.17605/osf.io/fxdw3

**31.**Wu, L., Li, X., Ismail, H.N. et al. Understanding the psychosocial dilemma in breastfeeding: a narrative review of extended theory of planned behavior and its intervention strategies. Reprod Health 22, 46 (2025). https://doi.org/10.1186/s12978-025-02001-5

**32.**Yadav, D., Malik, P., Dabas, K., and Singh, P. (2019). Feedpal: Understanding opportunities for chatbots in breastfeeding education of women in India. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 3(CSCW), Article 170, 1-30. https://doi.org/10.1145/3359272

**33.**Yekeen, I. A., Kolawole, I. O., Ohaeri, B., and Babarimisa, O. (2023). Factors affecting baby friendly practices by nursing mothers. Continental Journal of Applied Sciences. https://doi.org/10.5281/zenodo.10210135

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# YÜKSEK KUBBELİ DAMAK MORFOLOJİSİNE SAHİP 6-9 YAŞ ÇOCUKLARDA ARTİKÜLASYON HATALARININ İNCELENMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Agit ŞİMŞEK**
İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dil ve Konuşma Terapisi Bölümü,
agit.simsek@inonu.edu.tr - 0000-0003-1572-1188

**Mehmet Efe YILDIRIM**
İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dil ve Konuşma Terapisi Bölümü
27230740009@ogr.inonu.edu.tr - 0009-0005-9101-1980

## ÖZET

**Giriş ve Amaç:** Damak morfolojisi, artikülasyon üretiminde kritik bir anatomik belirleyicidir. Yüksek kubbeli damak (high-arched palate), damağın normalden daha dar ve yukarı doğru daha derin olduğu bir anatomik varyasyondur. Bu morfolojik farklılığın konuşma üretimi üzerindeki etkisine dair literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yüksek kubbeli damak morfolojisine sahip 6-9 yaş arası çocuklarda görülen artikülasyon hatalarının türünü, sıklığını ve damak morfolojisi ile ilişkisini tanımlamaktır.

**Yöntem:** Çalışmaya, 6-9 yaş aralığında (yaş ortalaması 7.4±1.1 yıl), yüksek kubbeli damak morfolojisine sahip 12 çocuk (7 kız, 5 erkek) dahil edilmiştir. Katılımcıların artikülasyon becerileri Ankara Artikülasyon Testi (AAT) ile değerlendirilmiştir. Artikülasyon hataları türlerine (bozulma, yer değiştirme, çıkarma, ekleme) ve hedef ses gruplarına göre sınıflandırılmıştır. Damak morfolojisi, dental ölçü modelleri üzerinden yapılan ölçümlerle (damak yüksekliği, genişliği ve indeksi) nicel olarak tanımlanmıştır. Veriler tanımlayıcı istatistikler ve Spearman korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Katılımcıların %75'inde (n=9) en az bir artikülasyon hatası tespit edilmiştir. En sık görülen hata türü bozulma (%46.7) olup, bunu yer değiştirme (%33.3) izlemiştir. En çok etkilenen ses grupları alveolar (/s/, /z/, /t/, /d/ - %40.0) ve postalveolar (/ʃ/, /ʒ/ - %26.7) sesler olmuştur. Damak yüksekliği ile alveoler seslerdeki bozulma oranları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r=0.68$, $p<0.05$). Damak indeksi ile toplam hata sayısı arasında da anlamlı korelasyon saptanmıştır ($r=0.61$, $p<0.05$).

**Sonuç:** Yüksek kubbeli damak morfolojisi, özellikle alveolar ve postalveolar seslerin üretimini etkileyen önemli bir anatomik faktördür. Konuşma terapisi değerlendirmelerinde damak morfolojisinin rutin olarak incelenmesi ve hedefe yönelik terapi protokollerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Bu çalışma, artikülasyon bozukluklarının değerlendirilmesinde anatomik faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulayarak klinik pratiğe önemli katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Artikülasyon bozukluğu, yüksek kubbeli damak, çocukluk çağı konuşma bozuklukları, damak morfolojisi, alveolar sesler

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## ABSTRACT

**Introduction and Aim:** Palatal morphology is a critical anatomical determinant in articulation production. High-arched palate is an anatomical variation where the palate is narrower and deeper than normal. There is limited research on the effect of this morphological difference on speech production. This study aims to describe the type, frequency, and relationship of articulation errors with palatal morphology in children aged 6-9 years with high-arched palatal morphology.

**Methods:** Twelve children (7 females, 5 males) aged 6-9 years (mean age 7.4±1.1 years) with high-arched palatal morphology were included in the study. Articulation skills were assessed using the Ankara Articulation Test (AAT). Articulation errors were classified by type (distortion, substitution, omission, addition) and target sound groups. Palatal morphology was quantitatively defined through measurements (palatal height, width, and index) on dental cast models. Data were analyzed using descriptive statistics and Spearman correlation analysis.

**Results:** At least one articulation error was detected in 75% (n=9) of participants. The most common error type was distortion (46.7%), followed by substitution (33.3%). The most affected sound groups were alveolar (/s/, /z/, /t/, /d/ - 40.0%) and postalveolar (/ʃ/, /ʒ/ - 26.7%). A significant positive correlation was found between palatal height and distortion rates in alveolar sounds ($r=0.68$, $p<0.05$). A significant correlation was also found between palatal index and total error count ($r=0.61$, $p<0.05$).

**Conclusion:** High-arched palatal morphology is an important anatomical factor affecting the production of especially alveolar and postalveolar sounds. Routine examination of palatal morphology in speech therapy assessments and the development of targeted therapy protocols are recommended. This study will significantly contribute to clinical practice by emphasizing that anatomical factors should be considered in the evaluation of articulation disorders.

**Keywords:** Articulation disorder, high-arched palate, childhood speech disorders, palatal morphology, alveolar sounds

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KARDEŞLER ARASINDA PAYLAŞILMIŞ KEKEMELİK: ÜÇ VAKA ÜZERİNDEN KLİNİK BİR DEĞERLENDİRME

**Dr. Öğr. Üyesi Agit ŞİMŞEK**
İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dil ve Konuşma Terapisi Bölümü,
agit.simsek@inonu.edu.tr - 0000-0003-1572-1188
**Gülizar BOŞNAK**
İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dil ve Konuşma Terapisi Bölümü
27230740038@ogr.inonu.edu.tr-0009-0004-2123-1657

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, kekemelik nedeniyle dil ve konuşma terapisine başvuran üç çocuk vakasında, birlikte yaşayan küçük kardeşlerde ortaya çıkan kekemelik benzeri akıcısızlıkları klinik bulgular eşliğinde incelemek ve paylaşılmış kekemelik olgusuna ilişkin olası açıklayıcı mekanizmaları tartışmaktır.

**Yöntem:** Çalışmaya kekemelik şikayetiyle başvuran 6 yaşında bir erkek, 8 yaşında bir kız ve 9,5 yaşında bir erkek olmak üzere üç çocuk dahil edilmiştir. Değerlendirme sürecinde Disfluency Karakter Testi (DKT), gelişimsel değerlendirme araçları, resim anlatımı görevi ve doğal konuşma örnekleri kullanılmıştır. Her vakada, yaşına uygun dil gelişimi ve bilişsel işlevsellik gösteren küçük kardeşlerin de konuşma özellikleri klinik olarak değerlendirilmiştir. Küçük kardeşlerin yaşları sırasıyla 4 yaş, 4 yıl 2 ay ve 6 yıldır.

**Bulgular:** Başvuran çocuklarda Vaka 1'de blok ve uzatma davranışlarının baskın olduğu, Vaka 2 ve Vaka 3'te ise tekrarların ön planda olduğu kekemelik örüntüleri saptanmıştır. Kekemelik terapisi sürecinde primer vakalarda akıcısızlık belirtilerinin belirgin biçimde azalmasını takiben, küçük kardeşlerde kekemelik benzeri akıcısızlıkların ortaya çıktığı veya belirginleştiği ve ailelerin bu yeni şikayet nedeniyle yeniden başvurduğu gözlemlenmiştir. Üç vakada da bildirilen bir ailesel kekemelik öyküsüne rastlanmamıştır. Küçük kardeşlerin dil gelişimi yaşlarıyla uyumlu bulunmuş ve değerlendirmelerde akıcısızlıkları açıklayabilecek belirgin bilişsel, gelişimsel veya algısal bir yetersizlik saptanmamıştır. Primer vakalardaki belirtilerin azalmasıyla küçük kardeşlerde akıcısızlıkların ortaya çıkması arasındaki zamansal ilişki, kardeş etkileşimi, çevresel modelleme, dikkat ve pekiştirme süreçleri ile olası ikincil kazanç mekanizmalarının bu örüntüde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

**Sonuç:** Sunulan üç vaka, kardeşlerde ortaya çıkan kekemelik benzeri akıcısızlıkların yalnızca bireysel özellikler çerçevesinde değil, aile içi etkileşim ve çevresel öğrenme süreçleri bağlamında da değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Paylaşılmış kekemelik olgusu, literatürde sınırlı olarak ele alınan ve altında yatan mekanizmaları henüz tam olarak açıklanamamış bir klinik gözlemdir. Bu vakalar, kardeş etkileşimi, davranışsal modelleme, dikkat ve pekiştirme mekanizmalarının akıcısızlıkların ortaya çıkması veya sürdürülmesindeki olası rolüne dikkat çekmektedir. Benzer klinik başvurularda yalnızca başvuran çocuğun değil, aile ve kardeş etkileşimlerinin de bütüncül biçimde değerlendirilmesi önerilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Anahtar Kelimeler:** *kekemelik, paylaşılmış kekemelik, kekemelik benzeri akıcısızlıklar, kardeş etkileşimi, davranışsal modelleme, dil ve konuşma terapisi*

## Shared Stutterıng Between Sıblıngs: A Clınıcal Evaluatıon of Three Cases

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study was to examine stuttering-like disfluencies emerging in younger siblings of three children referred for speech and language therapy due to stuttering and to discuss potential explanatory mechanisms related to the phenomenon of shared stuttering.

**Methods:** Three children presenting with complaints of stuttering were included: a 6-year-old boy, an 8-year-old girl, and a 9.5-year-old boy. The assessment process included the Disfluency Characteristic Test (DCT), developmental assessment tools, a picture-description task, and natural speech samples. In each case, the speech characteristics of the younger siblings, who demonstrated age-appropriate language development and cognitive functioning, were also clinically evaluated. The younger siblings were aged 4 years, 4 years and 2 months, and 6 years, respectively.

**Results:** Different patterns of stuttering were identified in the primary cases. Blocking and prolongation behaviors were predominant in Case 1, whereas repetitions were the main features in Cases 2 and 3. Following a substantial reduction in disfluency symptoms in the primary cases during the course of therapy, stuttering-like disfluencies emerged or became more apparent in their younger siblings, prompting the families to seek further clinical consultation. No reported family history of stuttering was identified in any of the three cases. The younger siblings demonstrated age-appropriate language development, and no evident cognitive, developmental, or perceptual impairment that could account for the observed disfluencies was identified. The temporal association between symptom reduction in the primary cases and the emergence of disfluencies in their siblings suggests that sibling interaction, environmental modeling, attention, reinforcement processes, and possible secondary gain mechanisms may have contributed to the observed pattern.

**Conclusion:** The three cases presented suggest that stuttering-like disfluencies emerging in siblings should be considered not only in terms of individual characteristics but also within the context of family interaction and environmental learning processes. Shared stuttering represents a rarely discussed clinical phenomenon, and its underlying mechanisms remain unclear. These cases highlight the potential role of sibling interaction, behavioral modeling, attention, and reinforcement mechanisms in the emergence or maintenance of disfluencies. In similar clinical presentations, a comprehensive assessment that includes not only the referred child but also family and sibling interactions may provide valuable information for clinical evaluation and intervention planning.

**Keywords:** *stuttering, shared stuttering, stuttering-like disfluencies, sibling interaction, behavioral modeling, speech and language therapy*

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# FUTBOL OKULLARINDA EĞİTİM ALAN ÇOCUKLARIN AKADEMİK BAŞARI ALGILARININ İNCELENMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Özge AYDIN**
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
ozgeaydin@osmaniye.edu.tr – Orcid ID: 0000-0002-1817-3343
**Prof. Dr. Yeliz ERATLI ŞİRİN**
Çukurova Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi
yelizsirin75@gmail.com Orcid ID: 0000-0002-6143-1133

## ÖZET

Bu araştırmada, futbol temel eğitimi alan çocukların başarı algıları ve çocukların başarı algılarının çeşitli demografik faktörlerle nasıl etkileşime girdiğini incelemek amaçlanmıştır. Bu çalışmanın örneklem grubunu 2025-2026 eğitim-öğretim yılında yaşları 8-15 arasında olan toplam 99 öğrenci oluşturmaktadır. Veri toplamak amacıyla Roberts, Treasure ve Balague'nun (1998) geliştirdiği, Türkçeye uyarlama çalışmaları Kazak, Çetinkalp (2006) tarafından yapılan "Başarı Algısı Envanteri" ve "Kişisel Bilgi Formu" kullanılmıştır. Verilerin analizinde öncelikle betimsel istatistikler ve ölçeğin güvenirliğini belirlemek amacıyla Cronbach alfa katsayısı hesaplanmıştır. Araştırma verileri normal dağılım göstermediği için Non-parametrik testlerden ikili karşılaştırmalar için Mann-Whitney U Testi, ikiden fazla karşılaştırmalar için Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda, Başarı Algısı Envanterinin yüksek düzeyde güvenirliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Cronbach α = .906). Katılımcıların başarı algısı puanlarının genel olarak yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Ort. = 4,63; SS = 0,44). Sonuçlara göre çocukların başarı algılarının yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı ve haftalık antrenman süresi değişkenlerine göre anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir (p> .05). Bulgulara göre, başarı algısı ile yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı ve haftalık antrenman süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir (p> .05). Elde edilen bulgular doğrultusunda, futbol temel eğitimi alan çocukların başarı algılarının yüksek düzeyde olduğu, ancak başarı algılarının incelenen demografik ve sportif değişkenlere göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Futbol eğitimi; başarı algısı, akademik başarı

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# An Examination of the Academic Success Perceptions of Children (Child Athletes) Receiving Training in Football Schools.

**Dr. Öğr. Üyesi Özge AYDIN**

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

ozgeaydin@osmaniye.edu.tr – Orcid ID: 0000-0002-1817-3343

**Prof. Dr. Yeliz ERATLI ŞİRİN**

Çukurova Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

yelizsirin75@gmail.com Orcid ID: 0000-0002-6143-1133

## ABSTRACT

This study aimed to examine the achievement perceptions of children receiving basic football training and to investigate how these achievement perceptions interact with various demographic factors. The sample consisted of 99 students aged between 8 and 15 years who participated in the 2025–2026 academic year. Data were collected using the "Achievement Perception Inventory" developed by Roberts, Treasure, and Balague (1998) and adapted into Turkish by Kazak and Çetinkalp (2006), together with a "Personal Information Form." In the data analysis, descriptive statistics were initially calculated, and Cronbach's alpha coefficient was used to determine the reliability of the scale. Since the data did not show a normal distribution, non-parametric tests were employed. The Mann–Whitney U test was used for comparisons between two groups, while the Kruskal–Wallis test was used for comparisons involving more than two groups.

The results indicated that the Achievement Perception Inventory had a high level of reliability (Cronbach's $\alpha$ = .906). The participants' achievement perception scores were found to be generally high (M = 4.63, SD = 0.44). According to the Kruskal–Wallis test results, no statistically significant differences were found in the children's achievement perceptions according to age, grade level, years of participation in sports, or weekly training duration ($p > .05$). Furthermore, the Spearman correlation analysis revealed no statistically significant relationships between achievement perception and age, grade level, years of participation in sports, or weekly training duration ($p > .05$). Based on these findings, it was concluded that children receiving basic football training had high levels of achievement perception; however, their achievement perceptions did not differ significantly according to the demographic and sport-related variables examined in the study.

**Keywords:** Football training; achievement perception; academic achievement

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1.GİRİŞ

Başarı; aşılması gereken bir durumun içerisinde iken bireyin hedeflerine ulaşabilmesi, kendini mümkün olan en iyi şekilde ispat etmesi ve olumsuz durumları gerekli şekillerde yönetebilmesi olarak tanımlanabilir (Ardahan 2013). Slade ve Owers (1998) başarıyı, çocukluğumuzdan itibaren, bize farkında olunarak ya da farkında olunmadan öğretilmiş bir süreç olarak tanımlamıştır. Çay'a (2012) göre başarı, istenilen bir hedefe ulaşabilmek amacıyla plan yapabilmek ve yapılan planları var olan şartlara uyarlayabilmek, sonuçta da istenilen hedefe ulaşmak olarak ifade edilmiştir. Öte yandan Kurtuldu (2010) başarıyı, insanın arzu ve isteği yolunda kendini bir işin üstesinden gelebileceğine inandırarak güdülemesi ve kararlı bir şekilde rasyonel, metotlu çalışması ve gayret göstererek hedefine varması şeklinde ifade etmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde başarı, bireyin kişisel özelliklerinin yanı sıra içinde bulunduğu sosyal ve eğitimsel çevrenin etkisiyle şekillenen çok boyutlu bir yapı olarak ele alınabilir. Spor, çocukların fiziksel ve motor gelişimlerinin yanı sıra sosyal ve psikolojik gelişimlerini destekleyen önemli etkinlik alanlarından biridir. Çocukların başarılı olma duygusunu yaşamasında etken olan birçok faktörün olduğu söylenebilir. Bunlardan birkaçı sağlıklı beslenme, vaktinde uyuma, özünü tanıma, doğru hedefe odaklanma, verimli çalışma, sorumlu davranma, özgüven, zekâ, çaba, güçlü irade, okul sevgisi, başarılı birey olma hevesi ve kişinin kendine olan başarısına inanmasıdır (Atmaca, 2010; Ertuğrul, 2012; Başgil, 2012; Temiz, 2014). Düzenli fiziksel aktivite ve sportif etkinliklere katılımın çocukların bilişsel işlevleri ve akademik performanslarıyla da ilişkili olabileceği de belirtilmektedir. Nitekim çocuk ve ergenlerde spor katılımını inceleyen kapsamlı bir sistematik derleme ve meta-analiz, spor katılımı ile akademik performans arasında küçük düzeyde olumlu bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur (Owen et al., 2021). Benzer şekilde James ve arkadaşlarının (2023) sistematik derlemesinde, çocuklarda fiziksel aktivite ile akademik performans arasındaki ilişkilerin çoğunlukla olumlu veya anlamsız olduğu ve fiziksel aktivitenin akademik performans üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir. Fiziksel aktivitenin akademik gelişim üzerindeki etkisinin yalnızca akademik performansla doğrudan ilişkili olmadığı; bilişsel süreçler, öz yeterlik, motivasyon ve öğrenmeye yönelik davranışlar gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla da ortaya çıkabileceği ifade edilmektedir (Latino & Tafuri, 2023). Çocukluk dönemindeki fiziksel aktivite müdahalelerini inceleyen çok düzeyli bir meta-analiz de fiziksel aktivitenin bazı bilişsel göstergeler üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiğini, ancak akademik başarı üzerindeki etkinin fiziksel aktivitenin türü ve uygulanma biçimine göre değişebildiğini göstermiştir (Vasilopoulos et al., 2023). Spor ortamında bireyin başarıya ilişkin değerlendirmelerinde yalnızca ortaya koyduğu performans değil, performansını nasıl algıladığı da önem taşımaktadır. Cüceloğlu (2005) Başarı algısını birtakım duyuların bir araya gelip bir neticeye varması şeklinde ifade etmiştir. Özellikle çocuk sporcular açısından algılanan güdüsel iklim, hedef yönelimleri ve algılanan fiziksel yeterlik, başarıya ilişkin değerlendirmelerin şekillenmesinde etkili olabilecek unsurlar arasında yer almaktadır. Seibel (1974) Başarı gereksinimi öğrenilmiş bir gereksinim olduğunu hatta öğrenilmiş gereksinimlerden en önemlisi olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle sporcuda başarı algısının, bireysel ve takım performansında önemli bir yere sahip olduğunu söylemek mümkündür. Çocukların kendi çabaları sonucunda elde ettikleri gelişimi ve başarıyı fark etmeleri, sportif etkinliklere yönelik olumlu tutumlarının

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ve motivasyonlarının gelişmesine katkı sağlayabilmektedir (Tanrıkulu, 2019). Bu bağlamda spor ortamı, çocukların hedef belirleme, çaba gösterme, performanslarını değerlendirme ve başarı deneyimi yaşama süreçlerinin desteklendiği önemli bir gelişim alanı olarak değerlendirilebilir. Futbol, çocukların düzenli sportif etkinliklere katılımını sağlayan ve bireysel becerilerin yanı sıra takım çalışması, sorumluluk, iş birliği ve hedef yönelimi gibi özelliklerin geliştirilmesine olanak sağlayan yaygın spor dallarından biridir. Futbol okulları ise çocukların futbol becerilerinin geliştirilmesinin yanında düzenli fiziksel aktivite alışkanlığı kazandıkları, antrenör ve akranlarıyla etkileşim içerisinde bulundukları ve belirli hedefler doğrultusunda performanslarını geliştirmeye çalıştıkları öğrenme ortamlarıdır. Bu nedenle futbol okullarında eğitim alan çocukların sportif yaşantılarının akademik yaşamlarıyla birlikte değerlendirilmesi, çocukların gelişiminin bütüncül biçimde anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Buradan hareketle bu çalışmada futbol okullarında eğitim alan yaşları 8-15 arasında olan çocukların başarı algıları incelenmiştir.

### 1.1.Çocukluk ve Erken Ergenlik Döneminde Sporun Önemi

Çocukluk ve erken ergenlik dönemi, bireyin fiziksel, bilişsel, sosyal ve duygusal gelişiminin en hızlı gerçekleştiği dönemlerden biri olarak kabul edilir. Bu süreçte yapılan spor faaliyetleri, çocukların yalnızca fiziksel gelişimlerine değil, aynı zamanda psikolojik ve akademik gelişimlerine de önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle futbol okulları, çocukların düzenli fiziksel aktiviteye katılmalarını sağlayan ve disiplin, takım çalışması, sorumluluk alma gibi yaşam becerilerini geliştiren eğitim ortamları olarak değerlendirilmektedir (Bailey, 2006). Son yıllarda yapılan çalışmalar, düzenli fiziksel aktiviteye katılan çocukların akademik performanslarının ve dikkat düzeylerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Fiziksel aktivitenin özellikle, dikkat kontrolü, problem çözme becerileri ve çalışma belleği üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirtilmektedir. Bu bilişsel gelişim alanlarının da akademik başarı ile ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (He et al.2025; Muntaner-Mas et al. 2023)

Bununla ilgili literatür incelendiğinde; Rocliffe et al. (2024) yaptıkları çalışmada, herhangi bir fiziksel aktiviteye katılım, çocukların psikolojik dayanıklılıklarını artırdığı, stres düzeylerini azalttığı ve okul yaşamına uyumlarını kolaylaştırdığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte James et al. 2023 çalışmalarında, fiziksel aktivitenin akademik performansı desteklediği, özellikle düzenli ve planlı egzersizlerin öğrenme süreçlerine olumlu katkı sağladığını belirtmişlerdir. Buna ek olarak Mas et al. (2024) okul çağındaki gençlerde fiziksel aktivitenin akademik sonuçlar üzerindeki akut etkisini inceledikleri çalışmada, her bir fiziksel aktivite seansının, okul çağındaki gençlerde akademik sonuçları iyileştirebildiğini; bunun da eğitim alanına tamamlayıcı bir araç olarak hizmet edebileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca; Çocuk ve gençlerin sporla olan etkileşiminin sadece fiziksel gelişimlerine değil, aynı zamanda psikolojik ve sosyal gelişimlerine de önemli katkılar sağladığı bilinmektedir. Spora katılımın, çocukların özgüvenini, takım çalışmasını ve liderlik becerilerini geliştirdiği, aynı zamanda stres yönetimi ve zaman yönetimi gibi hayati becerileri öğrettiği görülmektedir (Felfe, Lencher ve Steinmayr, 2016).

Bu nedenle spor faaliyetleri günümüzde sadece performans geliştirme aracı olarak değil, aynı zamanda bütüncül çocuk gelişimini destekleyen eğitimsel bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 1.2.Futbol Eğitiminin Çocuk Gelişimine Katkıları

Futbol eğitiminin çocukların temel futbol becerilerini öğrenmelerinin yanında sosyal, bilişsel ve duyuşsal gelişimlerini destekleyen eğitim ortamları olduğu düşünülmektedir. Futbol eğitimiyle çocuklarda disiplin, sorumluluk alma, hedef belirleme, zaman yönetimi, takım çalışması ve öz denetim gibi becerilerinin gelişmesi olağandır. Takım sporlarının bireysel sporlara göre daha güçlü sosyal etkileşim fırsatları sunduğu düşünüldüğünde Futbol gibi takım sporlarına katılan çocukların sosyal aidiyet düzeylerinin, arkadaş ilişkilerinin ve sosyal uyumlarının daha yüksek olduğu ifade edilmektedir(Sanchez et al.2024). Bununla birlikte antrenman süreçlerinde yaşanan başarı deneyimleri, çocukların kendilerine yönelik olumlu değerlendirmeler geliştirmelerine yardımcı olmakla kalmayıp akademik alanlarda kendilerini değerlendirme biçimlerini de etkileyebilmektedir (Rodriguez-Ayllon et al. 2023).

### 1.3.Akademik Başarı ve Akademik Başarı Algısı

Akademik başarı, bireyin eğitim sürecinde belirlenen öğrenme hedeflerine ulaşma düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Bloom, 1976). Akademik başarı algısı ise bireyin kendi akademik başarısını nasıl değerlendirdiğiyle ilgilidir. Başka bir deyişle öğrencinin okul başarısına ilişkin öznel değerlendirmesi ve kendisini akademik açıdan ne derece yeterli gördüğü ile ilişkilidir (Bandura, 1997). Ancak son yıllarda bireyin kendi akademik performansını nasıl değerlendirdiği, yani akademik başarı algısı en az akademik başarı algısı kadar önem kazanmıştır. Akademik başarı algısı yüksek olan öğrencilerin derslere yönelik motivasyonlarının, öğrenme istekliliklerinin ve akademik öz yeterlik düzeylerinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Schunk & Pajares, 2002). Bandura'nın Sosyal Bilişsel Kuramına göre bireyin kendi yeterliliklerine ilişkin inançları davranışlarını doğrudan etkilemektedir. Akademik öz yeterlik algısı yüksek öğrenciler daha fazla çaba göstermekte, zorluklarla daha etkili mücadele etmekte ve akademik başarıya ulaşma konusunda daha kararlı davranmaktadırlar (Bandura, 1997).
Buradan yola çıkarak bu araştırmada futbol okullarında eğitim alma durumu bağımsız değişken olarak ele alınırken, akademik başarı algısı bağımlı değişken olarak değerlendirilmektedir. Yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı, haftalık spor yapma süresi gibi demografik değişkenlerin akademik başarı algısı üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi planlanmaktadır.

## 2.GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1.Araştırma Grubu

Araştırma grubunu Adana ilinde 2025-2026 yılı içerisinde Galatasaray futbol okullarında eğitim alan, yaşları 8- 15 arasında değişen erkek sporcu çocuklar oluşturmaktadır. Araştırmaya toplam 99 çocuk sporcu katılmıştır.

### 2.2.Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak Başarı Algısı Envanteri ve katılımcıların demografik özelliklerini belirlemeye yönelik kişisel bilgi formu kullanılmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### *2.2.1.Kişisel Bilgi Formu:*

Formda yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı, haftalık spor yapma süresi ile ilgili sorular yer almaktadır.

### *2.2.2.Başarı Algısı Envanteri (BAE) Çocuk Versiyonu:*

Başarı Algısı Envanteri (Çocuk Versiyonu- BAE-Ç), (The Children's Version of The Perception of Success Questionnaire- POSQ-CH), Roberts, (Treasure and Balague 1998) tarafından geliştirilmiştir. Ölçeğin Türkçe'ye uyarlaması (Kazak, Çetinkalp 2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Ölçek, yargıların beş değerlendirme basamağına göre yapıldığı 6'sı görev, 6'sı ego yönelimi olmak üzere 12 maddeden oluşmakta ve iki alt boyut içermektedir**. Görev Yönelimi** alt Boyutu Maddeleri 4, 5, 7, 8, 9, 12. **Ego Yönelimi** Alt Boyutu Madeleri 1, 2, 3, 6, 10, 11. Her alt ölçek için kişinin puanı: İlgili alt ölçekten elde edilen toplam puanın alt ölçekteki madde sayısına bölünmesi ile bulunur. Ölçeğin Cronbach Alpha değerleri, görev yönelimi alt ölçeği için .70 ve ego yönelimi alt ölçeği için ise .82 olarak bulunmuştur.

### 2.3.Verilerin Analizi

Araştırmadaki veriler SPSS 26.00 paket programında analiz edilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilere ait demografik bilgiler yüzdelik ve frekans yardımı ile hesaplanmıştır. Başarı Algısı Envanteri'nin güvenirliğini belirlemek amacıyla Cronbach Alfa katsayısı hesaplanmış ve ölçeğin iç tutarlılığı değerlendirilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerden elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığını test etmek için Skewness ve Kurtosis değerlerine bakılmış ve verilerin normal dağılım göstermemesi sonucu Nonparametrik testler uygulanmıştır. İki bağımsız grubun karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi, ikiden fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis H testi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde Spearman sıra farkları korelasyon katsayısından yararlanılmıştır. İstatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $\mathbf{p < 0,05}$ olarak kabul edilmiştir. Başarı Algısı Envanteri'nin 12 maddesine ilişkin Cronbach Alfa katsayısı $\boldsymbol{\alpha = 0,906}$ olarak hesaplanmış ve ölçeğin yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğu belirlenmiştir.

## 3.BULGULAR

**Çizelge 1. Öğrencilerin Demografik Dağılımı**

| Değişkenler | | f | % |
|---|---|---|---|
| Yaş | 8yaş | 13 | 13,1 |
| | 9yaş | 7 | 7,1 |
| | 10yaş | 22 | 22,2 |
| | 11yaş | 20 | 20,2 |
| | 12yaş | 9 | 9,1 |
| | 13yaş | 10 | 10,1 |
| | 14yaş | 10 | 10,1 |
| | 15yaş | 8 | 8,1 |
| | Toplam | 99 | 100,0 |
| | 3.sınıf | 15 | 15,2 |
| | 4.sınıf | 19 | 19,2 |
| | 5.sınıf | 16 | 16,2 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sınıf düzeyi | 6.sınıf | 15 | 15,2 |
| | 7.sınıf | 12 | 12,1 |
| | 8.sınıf | 13 | 13,1 |
| | 9.sınıf | 9 | 9,1 |
| | Toplam | 99 | 100,0 |
| | Hiç | 4 | 4,0 |
| | 1 saatten az | 18 | 18,2 |
| Haftalık antrenman süresi | 1-2 saat | 40 | 40,4 |
| | 3-4 saat | 37 | 37,4 |
| | Toplam | 99 | 100,0 |
| | Hiç | 11 | 11,1 |
| | 1 yıldan az | 16 | 16,2 |
| Spor yapma yılı | 1 yıl | 47 | 47,5 |
| | 2 yıl | 25 | 25,3 |
| | Toplam | 99 | 100,0 |

**Çizelge 1**'e göre araştırmaya katılanların %22,2 si 10 yaş; %19,2'sinin 4. Sınıf öğrencisi olduğunu; %40,4'ünün haftalık antrenman süresinin 1-2 saat olduğunu; %47,5'inin de 1 yıldır spor yaptığını ifade etmektedir.

**Çizelge 2. Dağılımın Normallik Testi**

| | | Skewness | | Kurtosis | |
|---|---|---|---|---|---|
| Boyutlar | N | Statistic | Std. | Statistic | Std. |
| Başarı algısı | 99 | -2,383 | ,243 | 7,436 | ,481 |

Çizelge 1 de elde edilen verilerin normal dağılım durumu incelendiğinde çarpıklık katsayısının (skewness) '-1 ile +1' değerleri arasında olmaması (**Başarı Algısı**$_{Skewness}$= -2,383; 7,436$_{Kurtosis}$) değişkenden elde edilen puanların normal bir dağılıma sahip olmadığını göstermektedir.

**Çizelge 3. Başarı Algısı Envanteri Güvenilirlik Analizi (Cronbach Alpha)**

| Ölçek/alt boyut | Madde sayısı | Cronbach Alpha (α) |
|---|---|---|
| Ego Yönelimi | 6 | 0,915 |
| Görev Yönelimi | 6 | 0,714 |
| Ölçeğin tamamı | 12 | 0,906 |

Araştırmada kullanılan Başarı Algısı Envanterinin iç tutarlılık güvenirliği Cronbach Alpha katsayısı ile incelenmiştir. Analiz sonucunda ölçeğin tamamına ilişkin Cronbach Alpha katsayısı **α = 0,906** olarak bulunmuştur. Alt boyutlar incelendiğinde **Ego Yönelimi** alt boyutu için Cronbach Alpha katsayısı **α = 0,915**, **Görev Yönelimi** alt boyutu için ise **α = 0,714** olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, ölçeğin genelinin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu, görev yönelimi alt boyutunun ise kabul edilebilir düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4. Katılımcılara İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler**

| Değişken | N | Ortalama | ss | Min | Max |
|---|---|---|---|---|---|
| Yaş | 99 | 11,16 | 2,10 | 8 | 15 |
| Sınıf | 99 | 5,66 | 1,92 | 3 | 9 |
| Başarı Algısı Ortalaması | 99 | 4,63 | 0,44 | 2,58 | 5 |

Çizelge 4 incelendiğinde, araştırmaya 99 katılımcının dahil edildiği görülmektedir. Katılımcıların yaş ortalaması 11,16 ± 2,10 yıl olup yaşlar 8 ile 15 yıl arasında değişmektedir. Katılımcıların öğrenim gördükleri sınıf düzeylerinin ortalaması 5,66 ± 1,92 olup sınıf düzeyleri 3. sınıf ile 9. sınıf arasında değişmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Çizelge 5. Katılımcıların Yaş Değişkenine Göre Akademik Başarı Algısı Kruskal–Wallis Test Sonuçları**

| | Yaş | N | Sıra ortalaması | Sd | $\chi^2$ (Ki-Kare) | P | Anlamlı Fark (Post-Hoc) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8 yaş | 13 | 63,23 | | | | |
| | 9 yaş | 7 | 42,14 | | | | |
| Akademik | 10 yaş | 22 | 49,48 | | | | |
| Başarı | 11 yaş | 20 | 52,93 | 7 | 7,649 | ,365 | - |
| Algısı | 12 yaş | 9 | 50,78 | | | | |
| | 13 yaş | 10 | 49,45 | | | | |
| | 14 yaş | 10 | 31,90 | | | | |
| | 15 yaş | 8 | 51,94 | | | | |

Çizelge 5 incelendiğinde, Yaş grupları arasında akademik başarı algısı açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, $\chi^2(7) = 7,649$, $p = ,365$.

**Çizelge 6. Katılımcıların Sınıf Düzeyi Değişkenine Göre Akademik Başarı Algısı Kruskal–Wallis Test Sonuçları**

| | Sınıf düzeyi | N | Sıra ortalaması | Sd | $\chi^2$ (Ki-Kare) | P | Anlamlı Fark (Post-Hoc) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3.sınıf | 15 | 52,33 | | | | |
| | 4.sınıf | 19 | 46,39 | | | | |
| Akademik | 5.sınıf | 16 | 59,59 | | | | |
| Başarı | 6.sınıf | 15 | 47,20 | 6 | 8,274 | ,219 | - |
| Algısı | 7.sınıf | 12 | 62,21 | | | | |
| | 8.sınıf | 13 | 35,08 | | | | |
| | 9.sınıf | 9 | 46,61 | | | | |

Çizelge 6 incelendiğinde Sınıf düzeylerine göre akademik başarı algısı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, $\chi^2(6) = 8,274$, $p = ,219$.

**Çizelge 7. Katılımcıların spor yapma yılı değişkenine göre Akademik Başarı Algısı Kruskal–Wallis testi sonuçları**

| | Spor yapma yılı | N | Sıra ortalaması | Sd | $\chi^2$ (Ki-Kare) | P | Anlamlı Fark (Post-Hoc) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Yeni başlayan | 11 | 50,55 | | | | |
| Akademik | 1 yıl | 16 | 50,63 | | | | |
| Başarı | 2 yıl | 47 | 50,47 | 3 | 0,096 | ,992 | - |
| Algısı | 3 yıl | 25 | 48,48 | | | | |

Çizelge 7 incelendiğinde katılımcıların spor yapma yılı değişkenine göre akademik başarı algısı puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, $\chi^2(3) = 0,096$, $p = ,992$.

**Çizelge 8. Katılımcıların Haftalık Antrenman Süresine Göre Akademik Başarı Algısı Kruskal–Wallis Test Sonuçları**

| | Haftalık antrenman süresi | N | Sıra ortalaması | Sd | $\chi^2$ (Ki-Kare) | P | Anlamlı Fark (Post-Hoc) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 dakika | 4 | 62,75 | | | | |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Akademik | 1 saat | 18 | 52,92 | | | | |
| Başarı | 2 saat | 40 | 49,35 | 3 | 1,212 | ,750 | - |
| Algısı | 3 saat | 37 | 47,91 | | | | |

Çizelge 8 incelendiğinde katılımcıların Haftalık antrenman süresine göre akademik başarı algısı puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, $\chi^2(3) = 1,212$, $p = ,750$.

**Çizelge 9**. **Demografik Değişkenler ile Başarı Algısı Arasındaki Spearman Korelasyon Analizi**

| Değişkenler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.yaş | 1 | | | | |
| 2.sınıf | ,944** | 1 | | | |
| 3.spor yapma yılı | ,464** | ,407** | 1 | | |
| 4.haftalık antrenman süresi | ,541** | ,513** | ,432** | 1 | |
| 5.akademik başarı algısı | -,141 | -,077 | -,026 | -,087 | 1 |

Çizelge 9 incelendiğinde Spearman korelasyon analizi sonucunda, çocukların akademik başarı algıları ile yaş ($r_s$ = -,141; $p$ = .164), sınıf düzeyi ($r_s$ = -,077; $p$ = .451), spor yapma yılı ($r_s$ = -,026; $p$ = .798) ve haftalık antrenman süresi ($r_s$ = -,087; $p$ = .390) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı belirlenmiştir.

## 4.TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmada futbol okullarında eğitim alan 8–15 yaş grubu çocukların başarı algılarının yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı ve haftalık antrenman süresi değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir. Kruskal–Wallis H testi sonuçlarına göre başarı algısı puanlarının yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı ve haftalık antrenman süresine göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı belirlenmiştir (p>0,05). Ayrıca Spearman korelasyon analizi sonucunda da başarı algısı ile bu demografik değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (p>0,05). Bu bulgular, çocuk futbolcuların başarı algısının demografik özelliklerden ziyade psikososyal ve çevresel etkenlerden etkilenebileceğini düşündürmektedir.

Araştırmada yaş değişkenine göre anlamlı farklılık bulunmaması, çocuk sporcuların başarı algısının yalnızca kronolojik yaşın artmasına bağlı olarak değişmediğini göstermektedir. Başarı Hedefleri Kuramı (Achievement Goal Theory), bireylerin başarıyı değerlendirme biçimlerinin yaşın kendisinden çok, içinde bulundukları motivasyonel iklim, yeterlik algısı ve sosyal çevre tarafından şekillendiğini ileri sürmektedir. Son yıllarda yapılan derleme çalışmaları da genç sporcularda görev yönelimli ve destekleyici motivasyon ikliminin, yaş değişkeninden daha güçlü bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Başoğlu (2017)'nun yıldız erkek grekoromen güreş milli takım sporcularının başarı algılamalarını belirlemek için yaptığı araştırmasında yaşa göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediğini bildirmiştir. Elmas (2018) erken dönem ergenlerin başarı algılarını incelediği çalışmasında başarı algısının yaşa bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir. Ek olarak Karabulut (2010) 5. Sınıf öğrencilerinin Spora Katılımlarına Göre Başarı Algılarının İncelediği çalışmasında yaşa bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmadığını bildirmiştir. Bu araştırma sonuçları bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Sınıf düzeyine göre başarı algısında anlamlı farklılık bulunmaması da benzer şekilde değerlendirilebilir. Çocukların bilişsel gelişimleri yaşla birlikte ilerlese de futbol okullarında

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

uygulanan antrenman programlarının benzer hedeflere sahip olması, sporcuların başarı ölçütlerini büyük ölçüde kendi gelişimleri ve sportif performansları üzerinden değerlendirmelerine neden olabilir. Başarı Hedefleri Kuramı üzerine yapılan güncel derlemeler, başarı algısının okul sınıfından çok bireyin algıladığı öğrenme ve motivasyon iklimiyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Chazan et al. 2022).

Araştırmada spor yapma yılına göre anlamlı farklılık elde edilmemesi, deneyim süresinin tek başına başarı algısını açıklamakta yetersiz kalabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde Sinan (2015) yaptığı çalışmasında, spor yapan lise öğrencilerinin başarı algısı özelliklerinin ve güdülenme profillerinin spor yılına bağlı olarak karşılaştırılması sonucunda ego ve görev yönelimi ortalamalarının spor yılına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediğini bildirmiştir. Yaptığımız çalışmanın sonucu da bu çalışma sonucu ile paralellik göstermektedir.

Haftalık antrenman süresi açısından da anlamlı farklılık bulunmaması, antrenman miktarından çok antrenman kalitesinin önemli olabileceğini düşündürmektedir. Çocuk sporcularda daha fazla süreyle antrenman yapmak tek başına başarı algısını artırmadığı düşünülmektedir. Antrenmanların eğlenceli, destekleyici ve özerkliği teşvik eden bir yapıda olması, çocukların başarı algısını geliştirmede daha etkili bir yol olduğu düşünülmektedir. Genç futbolcular üzerinde yürütülen boylamsal çalışmalar da spor ortamında yaşanan olumlu deneyimlerin ve öz-belirlenimli motivasyonun uzun dönem sportif doyum ve başarı algısı üzerinde daha belirleyici olduğunu göstermektedir. (Rodrigues et al. 2023). Benzer şekilde Sinan (2015) spor yapan lise öğrencilerinin başarı algısı özelliklerinin haftalık spor yapma süresine bağlı olarak karşılaştırdığı çalışması sonucunda öğrencilerin başarı algılamalarının haftalık spor yapma süresine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığını bildirmiştir. Bu araştırma sonucu bu yönüyle çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Spearman korelasyon analizinde yaş, sınıf, spor yapma yılı ve haftalık antrenman süresi ile başarı algısı arasında anlamlı ilişki bulunmaması, Kruskal–Wallis testi sonuçlarını desteklemektedir. Hem grup karşılaştırmaları hem de ilişki analizleri, demografik değişkenlerin başarı algısını açıklamakta sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu durum başarı algısının çok boyutlu bir psikolojik yapı olduğunu ve bireysel farklılıklar, motivasyon, öz yeterlik, aile desteği, antrenör davranışları ve takım iklimi gibi değişkenlerden daha fazla etkilendiğini düşündürmektedir. Çocuk ve ergenlerde başarı motivasyonu üzerine yapılan çalışmada başarı algısının tek başına yaş veya deneyim süresiyle açıklanamayacağını, bireyin psikolojik ihtiyaçlarının karşılanması ve destekleyici öğrenme ortamlarının daha belirleyici olduğunu vurgulamaktadır (Allan et al. 2021).

Sonuç olarak bu araştırmada yaş, sınıf düzeyi, spor yapma yılı ve haftalık antrenman süresinin çocuk futbolcuların başarı algısını anlamlı düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. Bulgular, başarı algısının demografik özelliklerden çok sporcunun içinde bulunduğu motivasyonel iklim ve psikososyal süreçlerle ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda öz yeterlik, motivasyon iklimi, antrenör davranışları, ebeveyn desteği, spordan alınan haz ve psikolojik dayanıklılık gibi değişkenlerin modele dahil edilmesi, çocuk sporcuların başarı algısını daha kapsamlı biçimde açıklamaya katkı sağlayacaktır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## ÖNERİLER

Araştırmanın bulguları uygulama açısından da önem taşımaktadır. Futbol okullarında çocukların başarı algısını geliştirmek için yaş gruplarına göre farklı programlar hazırlamaktan ziyade görev yönelimli motivasyon ikliminin oluşturulmasına, olumlu antrenör–sporcu iletişimine, öz yeterlik duygusunu destekleyen etkinliklere ve çocukların bireysel gelişimlerini ön plana çıkaran uygulamalara ağırlık verilmesi daha etkili olabilir.

## KAYNAKÇA

Atmaca, A., *Gençler başarı uzak değil: Yalnızca 20 adım*. Nesil Yayınları. 2010.

Ardahan, F., *Rekreasyonel Etkinliklere Katılmanın Örgüte, Mesleğe Bağlılık İle Yaşam Doyumu Ve Başarı Algısı Üzerindeki Etkisi: Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Örneği.* 21st European Association for Sport Management (EASM) Conference, İstanbul, 2013.

Bailey, R., Physical Education And Sport İn Schools: A Review Of Benefits And Outcomes. Journal of School Health, 76(8), 397–401. https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2006.00132.x 2006.

Bandura, A., *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.1997.

Başgil, A. F., *Gençlerle baş başa*. Yağmur Yayınevi.2012.

Başoğlu, B., Grekoromen Yıldız Erkek Güreş Milli Takım Oyuncularının Başarı Algısı ve Öz Yeterlilik Düzeylerinin İncelenmesi. Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi, 2(1), 31–40. 2017.

Bloom, B. S., *Human characteristics and school learning*. McGraw-Hill.1976.

Chazan, D. J., Pelletier, G. N., & Daniels, L. M., Achievement Goal Theory Review: an Application to School Psychology. Canadian Journal of School Psychology, 37(1), 40–56 2022. https://doi.org/10.1177/08295735211004695

Chung, K., Cabral, M., Ntoumanis, N., & Vazou, S. (2026). A Systematic Scoping Review of Peer Motivational Climate in Youth Sports and Physical Activity: A Bi-Decennial Update. Frontiers İn Psychology, *17*, 1635666. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1635666 2026.

Cüceloğlu, D., *İnsan ve davranışı*. Remzi Kitabevi.2005.

Çay, M., *Hayvan olmak günahtır: Bir bilgelik ansiklopedisi*. Çay Yayınları, 2012.

Elmas, L., (2018). *Sportif Rekreasyon Etkinliklerine Katılan Erken Dönem Ergenlerin Hayal Etme Düzeylerinin Başarı Algısı Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi. 2018.

Ertuğrul, H., *İlk ve ortaöğretimde öğrencinin başarı kılavuzu*. Nesil Yayınları, 2012.

Felfe C., Lechner M., & Steinmayr A., Sports and Child Development. PloS one, 11(5), e0151729. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151729 2016.

He, H., Yang, Y., Sun, J., Wang, F., Zhang, W., & Zhu, F., Effects of School-Based Physical Activity on Academic Achievement in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. Frontiers in Public Health, 13, 1651883. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1651883 2025.

James, J., Pringle, A., Mourton, S., & Roscoe, M. P., The Effects of Physical Activity on Academic Performance in School-Aged Children: A Systematic Review. Children, 10(6), 1019. https://doi.org/10.3390/children10061019 2023.

Karabulut, G., *İlköğretim 5. Sınıf Öğrencilerinin Oyun Tercihlerine ve Spora Katılımlarına Göre Kaygı Düzeylerinin ve Başarı Algılarının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi. 2010.

Kazak Çetinkalp, Z., *The Validity and Reliability Study of "The Children's Version of the Perception of Success Questionnaire (POSQ-CH)" for Turkish Athletes*. 9. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi Bildiri Kitabı, 1325–1327. 2006

Kurtuldu, M. K., Comparing The Achievement Perception of the Piano Students According to the Class, Success Level And Graduation Variables. Fine Arts, 5(3), 164–171. 2010.

Latino, F., & Tafuri, F., Physical Activity and Academic Performance in School-Age Children: A Systematic Review. Sustainability, 15(8), 6616. https://doi.org/10.3390/su15086616 2023.

Muntaner-Mas, A., Morales, J. S., Martínez-de-Quel, Ó., Lubans, D. R., & García-Hermoso, A. (2024). Acute Effect of Physical Activity on Academic Outcomes in School-Aged Youth: A Systematic Review and Multivariate Meta-Analysis. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 34(1), e14479. https://doi.org/10.1111/sms.14479

Owen, K. B., Foley, B. C., Lonsdale, C., & Zadro, J. R., Sport Participation and Academic Performance in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. Medicine & Science in Sports & Exercise, 53(11), 2337–2349. 2021.

Roberts, G. C., Treasure, D. C., & Balaguer, G., Achievement Goals in Sport: Development and Validation of the Perception of Success Questionnaire. Journal of Sports Sciences, *16*(4), 337–347. https://doi.org/10.1080/02640419808559362 1998.

Roccliffe, P., Tapia-Serrano, M. A., García-González, L., et al., The İmpact of Typical School Provision of Physical Education, Physical Activity and Sports on Adolescent Physical Health: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. Adolescent Research Review, *9*, 663–709. https://doi.org/10.1007/s40894-023-00231-x 2024.

Rodrigues, F., Monteiro, D., Matos, R., Jacinto, M., Antunes, R., & Amaro, N., Exploring the Dynamics of Athletes' Enjoyment and Self-Determined Motivation, and of the Motivational Climate in Youth Football: A Longitudinal Perspective. Perceptual and Motor Skills, *131*(2), 551–567. https://doi.org/10.1177/00315125231222152 2024.

Rodriguez-Ayllon, M., Neumann, A., Hofman, A., et al. (2023). Neurobiological, Psychosocial, and Behavioral Mechanisms Mediating Associations Between Physical Activity and Psychiatric Symptoms in Youth in the Netherlands. JAMA Psychiatry, 80(5), 451–458. https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2023.0294 2023.

Sanchez, P. M., Andrades, J. A. B., Sanchez, M. D. C., & Arias, N., The Socialisation of the Adolescent Who Carries Out Team Sports: A Transversal Study of Centrality With A Social Network Analysis. BMJ Open, *11*, e042773. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042773 2021.

Schunk, D. H., & Pajares, F., The Development of Academic Self-Efficacy. In A. Wigfield & J. Eccles (Eds.), Development of achievement motivation (pp. 15–31). Academic Press. 2002.

Seibel H.D., The Dynamics of Achievement: Paradical Perspective.Newyork :The bobbs-Merrill Com.Inc. 1974.

Sinan, S., *Spor Yapan Lise Öğrencilerinin Güdülenme Profilleri ve Başarı Algısı Özelliklerinin Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi. 2015.

Slade, P. D., & Owens, R. G. (1998). A Dual Process Model Of Perfectionism Based on Reinforcement Theory. Behavior Modification, *22*(3), 372–390. https://doi.org/10.1177/01454455980223010 1998.

Tanrıkulu, B., *Taekwondo, Judo, Karate Sporu ile Uğraşan 10–15 Yaş Grubu Elit Sporcuların Başarı Algılarının İncelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi.2019.

Temiz, N., *Başarmak istiyorum: Başarısızlık sebepleri ve başarma yöntemleri*. İskenderiye Kitap, 2014.

Wigfield, A., Muenks, K., & Eccles, J. S., Achievement Motivation: What We Know and Where We Are Going. Annual Review of Developmental Psychology, 3, 87–111. https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-050720-103500 2021.

Vasilopoulos, F., Jeffrey, H., Wu, Y., & Dumontheil, I., Multi-Level Meta-Analysis of Physical Activity İnterventions During Childhood: Effects of Physical Activity on Cognition and Academic Achievement. Educational Psychology Review, 35, 59. https://doi.org/10.1007/s10648-023-09760-2 2023.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KLİMAKTERİK DÖNEM KADIN SAĞLIĞI SORUNLARI VE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

**Yükseklisans Öğrencisi, Mercan GÜNEŞ**
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği, Adana, Türkiye.
mercannguness@gmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-5898-4022

**Dr. Öğr. Üyesi, Seda KARAÇAY YIKAR**
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği, Adana, Türkiye.
sedakrcyyikar@gmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1885-5376

**Prof. Dr., Evşen NAZİK**
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği, Adana, Türkiye.
eceevsen_61@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5464-4467

## ÖZET

Klimakterik dönem; perimenopoz, menopoz ve postmenopoz evrelerini kapsayan, over fonksiyonlarının gerilemesi ve östrojen seviyesinin düşmesiyle karakterize, kadın yaşamının yaklaşık üçte birini oluşturan fizyolojik bir süreçtir. Bu dönemde yaşanan hormonal dalgalanmalar; sıcak basması ve gece terlemesi gibi vazomotor semptomlar, uyku bozuklukları, depresif duygu durum, cinsel işlev bozuklukları, menopozal genitoüriner sendrom, üriner inkontinans, osteoporoz ve kardiyovasküler risk artışı gibi kadınların yaşam kalitesini ve sağlığını doğrudan tehdit eden tablolara yol açmaktadır.

Güncel kanıta dayalı veriler; kontrendikasyonu bulunmayan, 60 yaşından genç veya menopoz başlangıcından itibaren 10 yılı aşmamış kadınlarda vazomotor ve ürogenital semptomların yönetiminde Menopozal Hormon Tedavisinin en etkili yöntem olduğunu göstermektedir. Hormon tedavisinin uygun olmadığı veya tercih edilmediği olgularda; bilişsel davranışçı terapiler, tetikleyicilerden kaçınma, soğutma teknikleri, akupunktur ve non-hormonal farmakolojik ajanlar güvenli seçenekler sunmaktadır. Vulvovajinal atrofi ve disparoni tedavisinde lokal östrojenler ve nemlendiriciler ilk basamakta önerilirken, üriner inkontinans yönetiminde pelvik taban kas egzersizleri (Kegel) ve mesane eğitimi öncelikli konservatif girişimler arasındadır. İskelet ve kardiyovasküler sistem sağlığının korunması amacıyla aerobik egzersiz, direnç antrenmanları, D vitamini ve kalsiyum desteği ile Akdeniz tipi beslenme modelinin benimsenmesi güçlü kanıtlarla desteklenmektedir.

Klimakterik dönemde ortaya çıkan yakınmaların giderilmesi ve uzun vadeli kronik hastalık risklerinin azaltılması için her kadının bireysel gereksinimlerine ve risk profiline uygun, kanıt düzeyi yüksek, bütüncül hemşirelik ve sağlık danışmanlığı yaklaşımlarının planlanması kritik öneme sahiptir. Bu derleme çalışmasının amacı, klimakterik dönemde kadınların yaşadığı

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

başlıca sağlık sorunlarını ve bu sorunların yönetiminde kullanılan kanıta dayalı uygulamaları incelemektir.

**Anahtar Kelimeler:** Klimakterik dönem, menopoz, kadın sağlığı, kanıta dayalı uygulamalar, menopozal hormon tedavisi, hemşirelik.

## MENOPAUSAL HEALTH ISSUES İN WOMEN AND EVİDENCE-BASED PRACTİCES

## ABSTRACT

The climacteric period is a physiological process characterised by the decline in ovarian function and a fall in oestrogen levels, encompassing the stages of perimenopause, menopause and postmenopause, and accounting for approximately one-third of a woman's life. The hormonal fluctuations experienced during this period lead to conditions that directly threaten women's quality of life and health, such as vasomotor symptoms (including hot flushes and night sweats), sleep disturbances, depressive mood, sexual dysfunction, menopausal genitourinary syndrome, urinary incontinence, osteoporosis and an increased risk of cardiovascular disease.

Current evidence-based data indicate that menopausal hormone therapy is the most effective method for managing vasomotor and urogenital symptoms in women under the age of 60 or who have been postmenopausal for no more than 10 years, provided there are no contraindications. In cases where hormone therapy is unsuitable or not preferred, cognitive behavioural therapies, avoidance of triggers, cooling techniques, acupuncture and non-hormonal pharmacological agents offer safe alternatives. Whilst local oestrogens and moisturisers are recommended as first-line treatment for vulvovaginal atrophy and dyspareunia, pelvic floor muscle exercises (Kegels) and bladder training are among the primary conservative interventions for the management of urinary incontinence. To maintain the health of the musculoskeletal and cardiovascular systems, aerobic exercise, resistance training, vitamin D and calcium supplementation, and the adoption of a Mediterranean-style diet are supported by strong evidence.

To alleviate the symptoms that arise during the climacteric period and reduce the risk of long-term chronic diseases, it is of critical importance to plan holistic nursing and health counselling approaches—backed by a high level of evidence—that are tailored to each woman's individual needs and risk profile. The aim of this review is to examine the main health issues experienced by women during the climacteric period and the evidence-based practices used in their management.

**Keywords:** Climacteric period, menopause, women's health, evidence-based practices, menopausal hormone therapy, nursing.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. GİRİŞ

Kadın hayatının evreleri, çocukluk, ergenlik, cinsel olgunluk, klimakterik ve yaşlılık dönemlerinden oluşmaktadır. Her dönem fiziksel, psikolojik ve hormonal farklılıkları beraberinde getirmektedir. Klimakterik kelimesi merdiven basamağı anlamına gelmektedir. Klimakterik ve menopoz ilişkili kavramlar olmakla birlikte aynı anlamı ifade etmezler. Klimakterik dönem 3 evrede açıklanan yaşlanma sürecidir denilebilir. Kadın yaşamının üçte birini kapsayan bu dönemde bazı fizyolojik ve psikolojik değişiklikler yaşanmaktadır. İlk evresi menopoz başlangıcından önceki sekiz yılı içeren perimenopoz dönemidir. İkinci evresi ise bir yıl süreli menstürasyonun kalıcı kesilmesi ile tanımlanan menopoz dönemi iken üçüncü dönem menopozla başlayıp yaşlılığa kadar süren postmenopozal dönemdir. Klimakterik dönemde kadının yaşadığı şikayetler vazomotor semptomlar (VMS) (sıcak basması, gece terlemesi, çarpıntı), psikolojik semptomlar (depresyon, uykusuzluk, libido kaybı, hafıza sorunları), osteoporoz ve ürogenital atrofi gibi organik bozukluklar ile obezite ve hipertansiyon gibi metabolik bozukluklar olarak görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde menopoz yaşı genellikle 49 ile 52 arasında değişir ve ortalama olarak 51,4 yaşında meydana geldiği kabul edilir. Türkiye'de kadınların menopoza girme yaşı ortalama olarak 47 ile 49 arasında değişmektedir (1,2,3, 4, 5, 6, 7).

## 2. KLİMAKTERİK DÖNEM KADIN SAĞLIĞI SORUNLARI VE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Menopozal geçiş sürecinde over fonksiyonu yavaşlamaya başladığında hormon seviyelerindeki dalgalanmalar ile serum estradiol ve progesteron seviyeleri düşmekte, folikül uyarıcı hormon seviyeleri artmakta ve bu durum fizyolojik değişikliklere ve klinik semptomlara neden olmaktadır. Menopoz ile ilişkili hormonal değişiklikler, kadının fiziksel, duygusal, mental ve sosyal iyilik halini etkileyebilmektedir. Menopoz geçiş sürecinde ve sonrasında yaşanan semptomlar kişiden kişiye önemli ölçüde değişiklik göstermekle bazı kadınlar semptomları hafif düzeyde, bazı kadınlar ise semptomları şiddetli yaşayabilmekte ve bu durum kadınların günlük yaşam aktivitelerini ve yaşam kalitesini etkileyebilmektedir.

Tüzmen ve arkadaşlarının 2026 yılında yaptığı çalışmada eşi ile iletişimi “iyi” olan, kronik hastalığı olmayan, birlikte yaşadığı çocuğu olmayan, egzersiz yapan, premenopozal dönemde olan, doğal yolla menopoza giren, menopozu doğal bir süreç olarak algılayan, eşi ile ilişkilerinde olumlu değişim yaşayan, çevresi ile ilişkilerinde değişim yaşamayan kadınların menopoz yakınma şiddetleri daha az, yaşam kaliteleri daha yüksek olduğu göstermektedir. Kadınlar çeşitli menopoz semptomları yaşadıklarını bildirmelerine rağmen, bunlardan vazomotor (sıcak basması) ve genitoüriner yakınmalar, menopoz geçişindeki hormonal değişikliklerle yakından ilişkilidir. Ayrıca, 40-65 yaşarası kadınların çoğunun menopoz semptomlarını ciddi bulduğu ve en yaygın yakınmaların fiziksel ve zihinsel yorgunluk olduğu rapor edilmiştir Özellikle, enerjide düşüş, uyku sorunları, fiziksel güçte azalma, kas ve eklem ağrıları ile yorgunluk gibi faktörlerin menopoz dönemindeki yaşam kalitesini en fazla etkileyen unsurlar olduğu bulunmuştur (8, 6, 9,10, 7).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2.1 Vazomotor Semptomlar

Perimenopozal evredeki kadınların yaklaşık yüzde sekseninde görülen vazomotor semptomlar, menopoz sürecinin en tipik göstergeleri arasında yer alır. Göğüs, boyun ve yüz başta olmak üzere bedenin üst kısımlarında ansızın beliren sıcaklık dalgaları; yoğun terleme, ciltte kızarıklık, ürperme, endişe ve seyrek olarak taşikardi ile seyreder. Bu belirtilerin patofizyolojik mekanizması bütünüyle aydınlatılamamışsa da semptom yaşayan bireylerde termonötral aralığın daha dar olduğu ve bu durumun yatkınlığı artırdığı kabul edilmektedir. Etyolojide ve sıklıkta; perimenopoz veya postmenopoz gibi ileri evreler, tütün kullanımı, psikolojik stres, depresif duygu durum, yetersiz sosyal destek, uyku problemleri, kısıtlı sosyoekonomik imkanlar, yükselmiş folikül stimülan hormon (FSH) düzeyleri, etnik farklılıklar ve yüksek beden kitle indeksi rol oynamaktadır. Ortam ısısının yüksekliği, kalabalık alanlar, alkol, baharatlı besinler, sıcak tüketilen içecekler ve stres gibi tetikleyiciler ise nöbetlerin şiddetini arttırabilmektedir (1, 8, 11, 12).

Vazomotor belirtiler postmenopozal dönemin başlangıcında en üst seviyeye ulaşmakta ve çoğunlukla ilk beş yıllık süreçte giderek sönümlenmektedir. Sıcak basmasından sonra en yaygın rastlanan tablo olan gece terlemeleri, çarşaflarınıslatacak boyutlara varabilmekte, uyku bütünlüğünü bozarak uykusuzluğa neden olabilmektedir. Nitekim Li ve arkadaşlarının (2020) aktardığı verilerde, incelenen kadınların yüzde seksen üçünden fazlasında sıcak basması, yüzde seksen ikiyi aşkın bölümünde ise gece terlemesi gözlendiği, olguların yaklaşık yarısında tablonun orta-ağır seyrettiği ve ortalama dört buçuk yıl sürdüğü bildirilmiştir (1, 8, 11, 12).

Tedavi ve yönetim yaklaşımlarında, fiziksel ve ruhsal iyilik halini destekleyen egzersizler, fitoterapötik destekler, relaksasyon pratikleri, akupunktur, akupresur ve yoga semptom kontrolünde pratik alternatifler sunmaktadır. Klinik kılavuzlar doğrultusunda, vazomotor semptomların giderilmesinde en güçlü ve etkin seçenek menopozal hormon tedavisidir (Grade A; güçlü öneri, yüksek kanıt). Menopoza geçiş döneminde bir kontrendikasyon bulunmuyorsa hem gebeliğin önlenmesi hem de semptomların kontrolü amacıyla düşük dozlu oral kontraseptifler tercih edilebilir (Derece A). Hormon kullanımının tıbben sakıncalı olduğu veya hastanın bunu tercih etmediği durumlarda ise non-hormonal medikal ajanlar devreye sokulabilir (Güçlü öneri, Orta kanıt; Derece B); ancak bu ilaçların olası advers etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Hafif düzeydeki yakınmalarda öncelikle yaşam tarzı düzenlemeleri tavsiye edilmelidir (Derece B). Tamamlayıcı ve bütüncül tıp uygulamaları hususunda, bilhassa orta ve şiddetli tablolarda literatür desteği henüz sınırlı olduğundan temkinli yaklaşılması gerektiği vurgulanmaktadır (Derece B). Nihai klinik kararın, her kadının bireysel risk profili ve gereksinimleri analiz edilerek kişiye özgü bir tedavi protokolüyle şekillendirilmesi esastır (1, 8, 11, 12).

## 2.2 Uyku Sorunları:

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Menopozal dönemde vücuttaki östrojen miktarının azalması sonucunda düzenli uyku üzerinde önemli rolü olan serotonin metabolizması bozulmaktadır. Bu durum uyku sorunlarına neden olabilmektedir. Uyku bozuklukları perimenopozal ve postmenopozal kadınların %40 ila %60'ında görülmekte olup genellikle daha sonraki süreçte de devam etmektedir. Uykusuzluk, menopoz dönemindeki kadınlarda kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, depresyon, anksiyete ve hipnotik ilaçların aşırı kullanımı/kötüye kullanımı gibi fiziksel ve psikolojik durumlara yol açmaktadır Menopoz semptomlarının ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi için izlemlerde uyku düzeni ile ilgili sorular da yöneltilmelidir (Derece B) Olumsuz yaşam tarzı faktörleri, sosyal faktörler ve risk faktörleri dikkate alınmalı ve buna göre tedavi planlanmalıdır (Derece C). Uykusuzluk sorunu belirlenirse öncelikle uykusuzluğun tıbbi ya da psikiyatrik nedenleri dışlandıktan sonra tedavi planlanmalıdır (Derece B). Birinci basamak tedavi olarak uyku hijyeni önlemleri ve yaşam tarzı değişiklikleri önerilmelidir (13, 14, 15).

Uykusuzluk yaşam tarzı değişikliklerine dirençli ise kısa vadede hipnotikler, benzodiazepinler veya melatonin agonistleri kullanılabilir ancak bunların etkinliğine ilişkin kesin kanıtlar yoktur. Bu farmakolojik ajanlar uzmanlar tarafından reçete edilmelidir (Derece C). Kanıtlar yetersiz olduğundan uykusuzluk şikayetinin yönetiminde bitkisel ilaçların kullanımı için herhangi bir öneride bulunulamaz. Yoga ve tai chi gibi zihin-vücut terapilerinin yararlı olduğunu gösteren kanıtlar mevcut olmasına rağmen etkinliğini kanıtlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Derece D). Menopozal dönemde yaşanan semptomlardan biri olan uyku sorunlarının yönetiminde öncelikle sorunun objektif olarak değerlendirilmesi ve tanılanması, ardından uygun tedavinin seçilmesi gerekmektedir. Kanıtlara göre uykusuzluğun iyileştirilmesi amacıyla zihin-vücut terapilerinin kullanımının kesin yararı yoktur. Yoga, gevşeme egzersizleri, akupunktur, akupres, fiziksel aktivite ve masaj gibi uygulamaların uyku sorunlarının giderilmesi ve kadınların yaşam kalitesinin arttırılmasında etkili olduğu bildirilmektedir (1, 16).

### 2.3 Depresif Semptomlar:

Menopoz sürecinde yaşanan biyokimyasal ve fizyolojik başkalaşımlar, toplumsal ve kültürel dinamiklerle birleştiğinde kadının duygudurum dengesini doğrudan sarsabilmektedir. Bu evrede klinik olarak en sık karşılaşılan psikolojik yakınmalar; yüksek stres düzeyi, irritabilite, anksiyete, keder, öfke patlamaları, motivasyonel kayıplar, odaklanma yetersizlikleri, ani ruhsal dalgalanmalar ve depresif tablolardır. Dolaşımdaki östrojenin gerilemesiyle birlikte merkezi sinir sistemindeki serotonin sentezi ve metabolizmasında meydana gelen aksamaların depresif bozukluk gelişiminde anahtar rol oynadığı kabul edilmektedir. Literatür verileri, menopozal geçiş evresindeki kadınların premenopozal döneme kıyasla depresif semptomlar sergileme riskinin iki ila dört kat yükseldiğini ortaya koymaktadır. Ortaya çıkan bu depresif belirtiler ise büyük ölçüde endokrin dalgalanmalar ve eşlik eden vazomotor yakınmaların varlığıyla tetiklenmektedir (16, 17).

Depresyon varlığında veya depresif bozuklukların tedavisi için menopozal geçiş döneminde kısa süreli östrojen tedavisi semptomları iyileştirebilir veya remisyon olasılığını artırır (B). Menopozal dönemdeki kadınlarda menopozal HT'nin depresif semptomlar üzerine etkisi olup olmadığı konusunda kanıtlar tutarsızdır (A). Diğer nedenler dışlandıktan sonra depresif semptomları olan kadınlarda ruh halini iyileştirmek için östrojen reçete edilebilir (Derece A).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Kombine hormon tedavisine alternatif bir yöntem; doku seçici östrojenik, androjenik ve progestojenik özelliklere sahip sentetik bir steroid olan tibolon kullanımıdır. Orta kalitede kanıtlar, tibolonun VMS'yi azaltmada plasebodan daha etkili ancak HT'den daha az etkili olduğunu göstermektedir. Menopozda HT kullanmak istemeyen kadınlar için refleksoloji de yararlı olabilir. Yapılan bir RKÇ'de refleksolojinin menopoz dönemindeki kadınların depresif belirtilerini azaltmada etkili olabileceği belirtilmektedir. Kanıtlara göre menopozal dönemde yaşanan depresif semptomları iyileştirmek amacıyla MHT kullanımı yararlıdır (1).

**2.4 Cinsel İşlev:**

Postmenopozal dönemde kadının seksüel açıdan değeri, onun içinde yaşadığı topluma göre artmakta veya azalmaktadır. Bazı kadınlar menopozu özgürlük dönemi olarak görürler çünkü çocuklarına karşı sorumlulukları yoktur ve artık hamile kalmaktan korkmazlar. Bu nedenle, menopoz öncesi döneme kıyasla kendilerini daha rahat hissedebilir ve cinsel olarak daha aktif olabilirler. Öte yandan, bazı kadınlar için bu dönem endişelerin başlangıcı, yaşlılık belirtilerinin ortaya çıkması ve çekiciliğin sonu anlamına gelir (18, 4).

Birçok kadın menopoz döneminde Vulvovajinal Atrofi ve Menopozal Genitoüriner Sendrom nedeniyle ağrı olsun ya da olmasın düşük arzu, uyarılma ve orgazmik disfonksiyon yaşamaktadır (1).

Östrojen eksikliğinden kaynaklanan VVA, GSM'nin bir bileşenidir. Kuruluk, yanma, kaşıntı ve disparoni semptomları ile karakterizedir. Kadının kişilerarası ilişkilerini, cinsel yaşamını ve yaşam kalitesini azaltmaktadır. Aktif östrojen bağımlı tümörleri olan kadınlar hariç GSM'de lokal östrojen kullanımı ilk basamak tedavidir (Derece A) (1).

GSM'de ikinci basamak tedavi; krem, tablet veya halka şeklinde vajinal östrojendir (Güçlü, Yüksek). Menopozal genitoüriner sendromu veya stres üriner inkontinansı iyileştirmede intravajinal lazer tedavisinin etkileri deneysel çalışmalarla incelenmeye devam etmektedir (Güçlü, Çok Düşük). Kalıcı VVA'lı kadınlarda tedavinin amacı hem ürogenital fizyolojinin onarılması hem de semptomların hafifletilmesidir. Sağlık profesyonelleri hastaların VVA ile ilgili semptomlarını dile getirmesine ve tedavi arayışına yardımcı olmak için aktif rol almalıdır (B). Tedavi, geri dönüşü olmayan atrofik değişiklikler meydana gelmeden önce başlatılmalı ve etkilerin sürdürülmesi için devam ettirilmelidir (B). Yaşanan VVA'nın yönetimi için bireyselleştirilmiş bir yaklaşım gereklidir. Tedavisinde hem düşük doz topikal östrojen hem de hormonal olmayan seçenekler mevcuttur. İkincisi, hormona bağımlı olduğu düşünülen kanserler için adjuvan endokrin tedaviler alan kadınlarda VVA'nın ilk basamak tedavisi olmalıdır (1).

Topikal düşük doz östrojenler VVA'nın tedavisinde etkilidir. Topikal östrojenler (östradiol içeren tabletler, halkalar ve kapsüller); östriol pesserler, kremler, jeller, ovüller ve konjuge östrojenleri içermektedir. Topikal düşük doz östrojen kullanımı ile ilgili veriler güvenli olduğundan, tedaviden fayda sağladıkları sürece VVA yaşayan kadınlar topikal östrojenlerin uzun süreli kullanımından mahrum bırakılmamalıdır. Topikal östrojenler sadece VVA semptomlarını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda idrar kaçırma ve tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonlarını hafifletmede de etkilidir. Atrofik vajinal semptomlar için diğer ikinci basamak

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

farmakoterapi; oral seçici östrojen reseptör modülatörü, ospemifen ve vajinal dehidroepiandrosteron ovüllerini içermektedir (Güçlü, Yüksek). Hormon bağımlı olduğu düşünülen kanserler için adjuvan endokrin tedaviler alan kadınlarda VVA için hormonal olmayan preparatlar (kayganlaştırıcılar ve nemlendiriciler) birinci basamak tedavi olmalıdır ve uzun vadede kullanılabilir (1, 16).

Artan yaş ile seks hormon seviyelerinin düşmesi; vajinal kuruluk, disparoni, arzu ve cinsel tepkide azalma yaratarak cinsel işlevi olumsuz etkiler. Özellikle cerrahi menopoz yaşayan kadınlarda daha belirgin ve ani endokrin yoksunluk nedeniyle cinsel işlev bozukluğu ve hipoaktif cinsel istek bozukluğu riski daha yüksektir. Sağlık profesyonelleri yaşam kalitesi ve cinsel yaşam kalitesini ele alırken; yaş, menopoz şekli ve menopozdan bu yana geçen süreyi, vazomotor ve duygudurum semptomlarını, kronik durumlar için kullanılan ilaçlar dahil genel sağlık durumunu, kişisel ve kişilerarası faktörleri göz önünde bulundurmalıdır (A). Tüm lokal östrojen preparatları (kremler, pesserler, tabletler, vajinal halka) vajinal atrofi belirti ve semptomlarını azaltmada etkilidir. Östrojen kullanımı etkisizse veya istenmiyorsa; vajinal kayganlaştırıcılar, nemlendiriciler ve düzenli cinsel aktivite kuruluğa bağlı semptomları hafifletebilir (Derece C) (1, 16).

Disparoninin subjektif semptomlarını iyileştirmede vajinal kayganlaştırıcılar önerilebilir (Derece B). Vajinal kuruluk ve disparoni için vajinal nemlendiriciler etkilidir (Derece B). Geri dönüşümsüz atrofik değişiklikleri önlemek için tedaviye erken başlanmalıdır. Etkinin devam etmesi için uzun süreli tedavi gerekebilir. Vajinal sağlığı korumak için düzenli cinsel aktivite teşvik edilmelidir (Derece A). Tekrarlayan atrofik vajinit atakları belirli bir süre, etkili olan en küçük tedavi dozunun kullanılmasını gerektirebilir. Akut semptomların kontrolünden sonra uzun süreli idame tedavisi için lokal östrojen dozu azaltılabilir (Derece C). Menopozal dönemde yaşanan GSM, VVA gibi sorunların yönetiminde lokal östrojen tedavisinin yanı sıra vajinal kayganlaştırıcılar ve düzenli cinsel ilişkinin devamı önerilmektedir (1, 16).

## 2.5 Üriner İnkontinans:

Sağlık profesyonelleri üriner inkontinans tanı ve tedavisine öncelik vermelidir. Üriner inkontinans ile ilgili değiştirilebilir faktörleri belirlemek ve yönetebilmek semptomları hafifletebilir. Konservatif müdahaleler arasında; yaşam tarzı müdahaleleri, mesane eğitimi dahil davranışsal terapiler, biofeedback içeren veya içermeyen pelvik taban kas eğitimi gibi fizik tedaviler, elektriksel veya manyetik stimülasyon ve işeme modeli modifikasyonu yer almaktadır. Yapılan bir RKÇ'de hem Kegel egzersizi hem de jel kullanımının menopozdaki kadınlarda cinsel işlevi etkili bir şekilde iyileştirdiği belirlenmiştir. Kegel egzersizi kullandıktan sonra cinsel işlevin kayganlaştırıcı jel kullanmaktan daha iyi olduğu vurgulanmaktadır (1).

Birinci basamak tedavi; yaşam tarzı ve davranış değişikliği, pelvik taban egzersizleri ve mesane eğitimini içerir. Östrojenler ve diğer farmakolojik müdahaleler, konservatif önlemlere yanıt vermeyen urge inkontinansın (UUI) tedavisinde etkilidir. Üçüncü basamak tedaviler ise sakral nöromodülasyon, intravezikal onabotulinum toksin-A enjeksiyonları ve posterior tibial sinir stimülasyonu gibi refrakter urge inkontinansı olan seçilmiş hastalarda yararlıdır. Cerrahi tedavi stres inkontinansı olan postmenopozal kadınlarda düşünülmelidir (1).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Yaşam tarzı değişiklikleri; sigarayı bırakma, kilo verme, konstipasyonun önlenmesi, gün içinde zamanlı işemenin sağlanması, sıvı alımı yönetimi, kafein ve alkol tüketiminin azaltılmasını içerir. Zamanlanmış işeme ve sıvı kısıtlaması, özellikle UUI'li kadınlar için etkili olan birincil önerilerdendir. Eksojen östrojen tedavisi pelvik taban disfonksiyonu tedavisinde yararlı olabilir. Postmenopozal kadınlarda pelvik organ prolapsusu semptomlarını yönetmek için östrojen tedavisinin yararları veya zararları hakkında kanıtlar yetersizdir (1).

Topikal düşük doz östrojenler üriner inkontinansı hafifletir ve tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonlarını önler. Kadınlar bu tedavinin faydalı olduğunu düşündükleri sürece topikal östrojenlerin uzun süreli kullanımından mahrum bırakılmamalıdır. Genel olarak 24 saatte bir-iki kez daha az işeme, daha az sıklık ve urgency durumunda lokal östrojen tedavisi kullanımının inkontinansı iyileştirebileceğini düşündüren bazı kanıtlar vardır (GPP). Yaşam tarzı değişiklikleri ve mesanenin yeniden eğitilmesinin aşırı aktif mesane semptomları için etkili olduğu gösterilmiştir (GPP). Stres üriner inkontinanstan şikâyet eden tüm kadınlara birinci basamak olarak pelvik taban kas eğitimi önerilmektedir (GPP). Östrojen tedavisi stres inkontinans için etkili bir tedavi değildir ancak urgency ve sıklık belirtileri için yararlı olabilmektedir (1).

Ürogenital semptomlar östrojenlere iyi yanıt verir (A). Semptomlar nedeniyle genellikle uzun süreli tedavi gerekir, tedavinin kesilmesiyle semptomlar tekrarlayabilir (B). Sistemik MHT kullanımı üriner inkontinansı önlemiyor gibi görünmektedir; fakat ürogenital atrofi veya tekrarlayan alt üriner sistem enfeksiyonlarının tedavisinde düşük doz lokal östrojenlere tercih edilmez (B). Antimuskarinik ilaçlar, lokal östrojenlerle kombine edildiğinde AAM semptomları olan postmenopozal kadınlarda ilk basamak tedavi seçeneğidir (A). Sadece stres üriner inkontinansı olan kadınlarda sistemik östrojen tedavisinin şu anda bir rolü yoktur (A). Vajinal östrojen kullanımının idrar yolu enfeksiyonu sıklığını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonlarının tedavisi için vajinal östrojen önerilmektedir. Üriner inkontinans için yaşam tarzı değişikliği, mesane eğitimi ve pelvik taban egzersizleri önerilmektedir (Derece B). Diğer nedenler dışlandıktan sonra bu yaştaki kadınlarda tekrarlayan üriner sistem enfeksiyonları lokal östrojen tedavisinden fayda görebilir (Grade A). Yaşam tarzı değişiklikleri, mesanenin yeniden eğitilmesi, pelvik taban kas eğitimi ve östrojen tedavisi menopozal dönemde yaşanan üriner inkontinans ve üriner enfeksiyonların yönetiminde yararlı olabilir. Üriner inkontinans tipine göre ve kanıtlar göz önünde bulundurularak uygun tedavi planlanmalıdır (1).

### 2.6 Gastrointestinal Semptomlar

Östrojen seviyelerindeki düşüş; gastroözofageal reflü, özofagus maligniteleri, peptik ülser lezyonları, mide neoplazmları, inflamatuar bağırsak hastalıkları, irritabl bağırsak sendromu ve kolorektal kanserler başta olmak üzere pek çok sindirim sistemi patolojisinin progresyonunu tetikleyebilmektedir. Sistemik etkilerin yanı sıra hormonal azalma, diş eti dokularında atrofiye yol açarak çiğneme fonksiyonlarının bozulmasına zemin hazırlayabilmektedir. Literatürdeki bulgular, özellikle erken menopoz gibi durumlara bağlı olarak östrojenik koruyuculuğun erken

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

yaşlarda yitirilmesinin hem mide hem de kalın bağırsak malignitelerine yakalanma olasılığını yükseltebileceğine işaret etmektedir. Sindirim sistemi sağlığının korunması ve desteklenmesinde ise Akdeniz tipi beslenme modelinin benimsenmesi ile düzenli fiziksel aktivite yapılması tavsiye edilmektedir (16,19, 20).

### 2.7 Kas-İskelet Sistemi Semptomları

Menopoz genel olarak kas-iskelet sağlığı üzerine olumsuz etkiye sahiptir. Bu dönemde kadınlarda; osteoporoz, osteo artrit ve sarkopeni sık karşılaşılan sorunlar arasında yer almaktadır. Bunun sonucunda düşme ve kırık insidansı yükselmekte, morbidite ve mortalite riski artmaktadır Osteoporoz, düşük kemik mineral yoğunluğu, kemik kütlesi kaybı ve kemik kalitesinde kırılmaya karşı savunmasızlığı artıran bir düşüş ile karakterize yaygın bir genel iskelet bozukluğudur. Osteoporoz postmenopozal kadınlarda sık görülen bir hastalıktır. Fistarol ve ark., (2019) tarafından menopozlu kadınlarla yapılan çalışmada osteoporoz prevalansı %37,8 olarak saptanmıştır. Dünya çapında, 50 yaşın üzerindeki her 3 kadından 1'inde osteoporoza bağlı kırık meydana gelmekte olup tüm kalça kırıklarının yaklaşık %75'i kadınlarda görülmektedir. Düşük kemik mineral yoğunluğu, kırık riskini artırsa da kırıkların çoğu menopoz sonrası kadınlarda olmaktadır. Amerikan Jinekoloji ve Obstetri Derneği, osteoporotik kırıkları önlemek için 65 yaş ve üzerindeki postmenopozal hastalarda DXA ile kalça (femoral boyun) ve lomber omurga ölçümlerinin yapılmasını önermektedir (Güçlü tavsiye, yüksek kanıt). Osteoporoz riski yüksek olan 65 yaşından küçük postmenopozal hastalarda ise osteoporotik kırıkları önlemek için bir klinik risk değerlendirme aracı tarafından belirlenmesini ve DXA ile osteoporoz tarama yapılmasını önerir (güçlü tavsiye, yüksek kaliteli kanıt). Postmenopozal kadınlarda iskelet sağlığının yönetimi; kırık için risk faktörlerinin değerlendirilmesini, değiştirilebilir risk faktörlerinin diyet ve yaşam tarzı değişiklikleri ile azaltılmasını, osteoporoz veya kırık riski taşıyan hastalar için farmakolojik tedaviyi içermektedir. Osteoporozu olan kadınların tedavisi yaşam boyu sürmelidir. Tedavi bireyselleştirilmeli ve kadın tedavide karar verme sürecine dahil edilmelidir. Postmenopozal tüm kadınlara yeterli kalsiyum ve D vitamini alımı, dengeli beslenme, ideal kilonun korunması, kemik kaybı ve osteoporotik kırık riskini azaltan yaşam tarzı davranışlarının teşvik edilmesi, düzenli fiziksel egzersiz, aşırı alkol tüketiminden kaçınmak, sigara içmemek ve düşmelerin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması önerilmektedir. Yeterli günlük toplam kalsiyum (1.000-1.200 mg) ve D vitamini (400-800 IU) alımı teşvik edilmelidir (1,21)

25-hidroksivitamin D düzeyinin 75-125 nmol/L (30-50 ng/mL) aralığında olması hedeflenmelidir (Yüksek Düzey). 65 yaş ve üzerindeki tüm yetişkinler klinik değerlendirme ve kemik mineral yoğunluğu değerlendirmesi ile artan kırık riski açısından taranmalıdır. Yaşlı kadınlarda toplum temelli tarama kalça kırığı insidansını azaltmada etkili olabilir (Şartlı, Orta). Menopozal hormon tedavisi; 60 yaşın altında, meme kanseri veya tromboembolik hastalık öyküsü olmayan ve serebrovasküler veya kardiyovasküler hastalık riski düşük olan, menopoz semptomları bulunan, orta veya yüksek derece kırık riskine sahip postmenopozal kadınlara verilebilir (Şartlı, Orta). Günlük ağırlık kaldırma egzersiz programının yanı sıra D vitamini ve kalsiyum açısından zenginleştirilmiş bir diyet önerilmektedir (Güçlü, Yüksek). Alkol alımının sınırlandırılması ve sigaranın bırakılması da diğer önerilerdendir (Güçlü, Orta). Amerikan

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Jinekoloji ve Obstetri Derneği osteoporoz yönetimi önleme stratejileri olarak kemik sağlığını korumak ve kemik kaybını önlemek için rutin aerobik fiziksel aktiviteyi (orta ila yüksek etkili) ve ağırlık kaldırma egzersizlerini (kas güçlendirme veya dirence karşı egzersiz) güçlü tavsiye ve orta kaliteli kanıt Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği ise yer çekimine karşı egzersizi Sınıf A düzeyinde önermektedir. İskelet sağlığının korunması genetik yatkınlığın bir fonksiyonu olsa da diyet, ağırlık kaldırma egzersizi ve kemik için toksik maddelerden kaçınma gibi yaşam tarzı faktörleri ile risk azaltılabilir. Postmenopozal dönemin en önemli sağlık sorunlarından birisi osteoporozdur. Kanıtlar ağırlık kaldırma egzersizlerinin yanı sıra D vitamini ve kalsiyum takviyesi içeren dengeli beslenme, prebiyotik tüketimi, vitamin A ve E alımı ve MHT için uygun özellikteki kadınlar için östrojen tedavisini önermektedir (1,22, 23, 24)

### 2.8 Kardiyovasküler Hastalıklar:

Postmenopozal dönemdeki kadınlarda kardiyovasküler hastalıklar önde gelen ölüm nedeni olmayı sürdürmektedir. Menopoza geçiş evresi, kardiyovasküler açıdan bağımsız birer risk unsuru sayılan pek çok metabolik göstergenin bozulmasıyla yakından ilişkilidir. Östrojen hormonu fizyolojik olarak kan basıncının düzenlenmesinde, lipid profilinde ve insülin duyarlılığında protektif bir role sahipken, bu geçişle birlikte söz konusu vasküler ve metabolik koruma zayıflar. Neticede bu evredeki kadınlarda insülin direnci gelişimi, hipertansiyon, hipertrigliseridemi ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) düzeylerinde düşüş sıklaşmakta; dislipidemi ile bilhassa abdominal (santral) adiposite tablosu belirginleşmektedir (16).

Primer koruma yaklaşımlarının temelini tütün ürünlerinin terk edilmesi, kilo kontrolünün sağlanması, kan basıncının regülasyonu, düzenli aerobik fiziksel aktivitelerin sürdürülmesi ve diyabet ile lipid fraksiyonlarının yakın takibi oluşturur. Menopozal hormon tedavisi; endotel fonksiyonları, serum lipid fraksiyonları ve glukoz dengesi üzerindeki olumlu yansımaları sayesinde kardiyovasküler risk parametrelerini regüle etmekte ve diabetes mellitus gibi metabolik hastalıkların prevalansını geriletmektedir (1, 8, 24).

Muka ve ark., (2016) tarafından yapılan meta-analizde; vazomotor semptomların ve diğer menopoz semptomlarının varlığının genellikle kardiyovasküler hastalık riskini arttırdığı belirlenmiştir (25).

Yakın zamanda menopoza girmiş ve kardiyovasküler hastalık kanıtı olmayan 60 yaşındaki kadınlarda, tek başına östrojen tedavisine başlanması kardiyovasküler hastalıklar ve tüm nedenlere bağlı mortaliteyi azaltmaktadır (Derece A). 60 yaştan küçük ve/veya 10 yıl içinde menopoza girmiş kadınlarda MHT kullanımı kardiyovasküler hastalıklara bağlı ölümleri azaltmaktadır (Derece A). 60 yaştan küçük ve/veya 10 yıl içinde menopoza girmiş kadınlarda MHT'nin başlatılmasının inme riski üzerinde bir etkisi yoktur. 60 yaş üstü menopozal kadınlarda statinlerin birlikte kullanımı venöz trombüs riskini azaltabilmektedir. Venöz trombotik olayların görülme sıklığı sağlıklı kadınlarda bile 60 yaştan sonra ve beden kitle indeksinin yükselmesi ile artarken, MHT venöz tromboembolizm riskini artırır (Yüksek derece). Oral ve kombine HT preparatları transdermal preparatlara veya tek başına östrojene göre venöz tromboembolizm riskinde artış ile ilişkilidir (Orta derece) (1, 8).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Menopozdan kısa bir süre sonra MHT'ye başlayan kadınlar sonraki birkaç yılda kardiyovasküler hastalıklar açısından düşük risk altındadır (Yüksek düzey). Kanıtlar, kardiyovasküler hastalık riskini azaltmanın en etkili yolu olarak risk faktörlerinin net bir şekilde tanımlanmasını ve değiştirilmesini desteklemektedir (Yüksek düzey). Menopozal HT reçete edilirken, ilişkili venöz tromboembolizm riskini en aza indirmek için etkili en düşük östrojen dozu ve endike olduğu durumlarda sadece östrojen içeren tedavi önerilmelidir (Şartlı, düşük). Kombine hormon tedavisi reçete edilirken progestojen seçimi, kardiyovasküler hastalık belirteçlerini etkileme olasılığı en düşük olanlar lehine olmalıdır (Güçlü, orta). Kanıtlar kardiyovasküler hastalık riskini azaltmak için yaşam tarzı değişikliklerinin teşvik edilmesini ve MHT için uygun özellikteki kadınlara östrojen tedavisini önermektedir (1, 8).

### 2.9 Saç ve Deri (Cilt) Semptomları

Menopoza geçiş döneminde ovulatuar işlevlerin durması, over kaynaklı hormonların gerilemesiyle oluşan östrojen yetersizliği ve androjen artışı yaşlanmayı hızlandırır. Bu süreçte dermal elastikiyet belirgin şekilde azalır hem cilt dokusu hem de tırnak matriksi esnekliğini yitirerek kırılgan bir yapı kazanırken tırnakların uzama hızı düşer. Dokunun bu direnç kaybı mikrotravmalara karşı savunmasızlığı artırmakta, ekimoz ve laserasyon riskini yükseltirken yara iyileşme mekanizmalarını yavaşlatmaktadır. Süreçteki kadınlar sıklıkla kserozis (cilt kuruluğu) ve hirsutizm gibi estetik kaygılara yol açan yakınmalardan bahsetmektedir. görsel görünümle ilgili şikayetler olduğu belirtmektedir. Hormon replasman tedavisi (HRT), kar-zarar dengesi nedeniyle tek başına cilt ve saç semptomları için endike değildir. Buna karşın, dermis ve epidermisteki glikozaminoglikan ile mukopolisakkarit sentezini tetiklemek suretiyle cildin gerginliğini ve elastikiyetini desteklemek amacıyla C-ksilopiranozid türevleri (pro-ksilan), sinameki ekstresi, hyalüronik asit temelli dermokozmetikler, kolajen yapımını uyarıcı ürünler ve antioksidan içerikler klinik pratikte önerilebilmektedir (11, 26).

### 2.10 Hafıza Problemleri:

Spontan menopozun hafıza veya diğer bilişsel fonksiyonlar üzerinde kalıcı bir etkisi yoktur. Menopoz semptomlarının hafifletilmesi amaçlı MHT kullanımının da bilişsel sonuçlar üzerine önemli bir etkisi belirlenmemiştir. Orta yaşta başlanan MHT, Alzheimer hastalığı ve bunama riskinin azalmasıyla ilişkilidir (B). Menopozal HT şu anda postmenopozal kadınlarda gelişen demans riskini azaltmak veya teşhis edilen Alzheimer hastalığının ilerlemesini geciktirmek için önerilmemektedir (Derece A) Kanıtlara göre menopozal dönemde yaşanan semptomlardan biri olan hafıza problemlerini iyileştirmek amacıyla MHT kullanımının bir yararı yoktur (1).

## 3. KANITA DAYALI UYGULAMALAR

### 3.1 Hormon Terapi

Menopoz hormon tedavisi östrojenler, progestojenler ve kombine tedavileri kapsayan bir terimdir. Menopozal HT'nin amacı sadece rahatsız edici menopoz semptomlarının hafifletilmesi değil aynı zamanda yaşlanma ile ilişkili hastalıkların önlenmesidir. Ürogenital atrofi, VMS, eklem ve kas ağrıları, duygudurum değişiklikleri, uyku sorunları, cinsel yaşam ile ilgili

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

problemler ve kadının yaşam kalitesinde azalma gibi şikayetler MHT ile iyileşebilmektedir (27).

Hormon tedavisi 60 yaşından küçük, son adet tarihinin üzerinden 10 yıldan fazla süre geçmemiş, kontrendikasyonu olmayan ve menopoz semptomlarından şikayetçi kadınlarda en etkili tedavi şeklidir. Meme kanseri, miyokard enfarktüsü ve inme riskini artırdığı için uzun süreli kullanımı tartışmalı olmaya devam etmektedir. Dolayısıyla östrojene duyarlı bir kanser öyküsü, koroner kalp hastalığı, miyokard enfarktüsü, inme, venöz tromboembolizm gibi kontrendikasyonları veya riskleri olan kadınlar HT kullanmayı reddedebilir. Risklere sahip kadınlar non-hormonal tedavi seçeneklerini tercih etmelidir. Menopozal HT semptomların şiddetine, kadının semptomları önleme ihtiyacına, bireysel ve ailesel tıbbi öyküsüne, mevcut araştırmaların verilerine, kadının tercihlerine ve beklentilerine göre bireyselleştirilerek düzenlenmelidir. Menopozal HT kullanımı menopozal dönemdeki kadınların sağlığını korumaya yönelik diyet, egzersiz, sigarayı bırakma ve sınırlı alkol tüketimi gibi yaşam tarzı değişikliklerini kapsayan bir stratejinin parçası olmalıdır (27).

45 yaşından küçük ve özellikle 40 yaşından önce spontan veya iyatrojenik menopoza giren kadınlarda kardiyovasküler hastalık, osteoporoz, affektif bozukluklar, bunama riski daha yüksektir. Bu semptomları azalttığı ve kemik yoğunluğunu koruduğu için en azından ortalama menopoz yaşına kadar bu özelliklere sahip kadınlara MHT kullanımı tavsiye edilmektedir. Menopozal HT öncesi sunulan danışmanlık sürecinde, MHT'nin yararları ile riskleri açık ve anlaşılır terimlerle yazılı bilgiler de kullanılarak, kadına anlatılmalıdır. Bu bilgilerin sunulması kadının ve hekimin MHT hakkında iyi bilgilendirilmiş şekilde karar vermesini sağlar (1).

Menopozal hormon tedavisi, menopoz semptomlarının giderilmesi için en etkili tedavi olarak sunulmalıdır (güçlü, yüksek). Menopozal HT kullanımı için belirgin bir endikasyon, östrojen eksikliğinden kaynaklı semptomlar veya fiziksel etkiler olmadan MHT kullanımı önerilmemelidir. MHT alan kadınlarda izlem fizik muayene, tıbbi ve aile öyküsünün değerlendirilmesi, ilgili laboratuvar ve görüntüleme yöntemleri, yaşam tarzı alışkanlıklarını değerlendirme, kronik hastalığı önleme veya azaltma stratejilerini içermelidir. Menopozal dönemde HT kullanmak istemeyen kadınlar için klonidin, venlafaksin, gabapentin gibi antiepileptik farmakolojik ajanlar da kullanılabilmektedir (1, 8).

Menopozal HT kullanan menopozal dönemdeki kadınlara yönelik daha sık mamografik veya servikal smear taraması yapılması için gösterge yoktur. Ayrıca MHT kullanım süresine zorunlu sınırlamalar koymak için de veri yoktur. 60 yaşından önce tedaviye başlayan sağlıklı kadınlarda en az 5 yıl boyunca MHT kullanımı güvenlidir. Tedaviye devam edilip edilmeyeceğine elde edilen yararlar, halen devam eden bireysel riskler tarafsız şekilde değerlendirilerek kadın ve hekimi ortak karar vermelidir. Sağlık profesyonelleri VMS yaşayan kadınlara en etkili seçenek olarak MHT'yi sunmalıdır (güçlü, yüksek). Kontrendikasyonu olmayan, 60 yaşından küçük veya menopoz süresi 10 yıldan az olan kadınlarda MHT güvenle başlatılabilir (Güçlü, Yüksek) (1, 8).

Hormon terapisinin şekli semptomlar, tıbbi durumlar, riskler, aile öyküsü, tedavi hedefleri, hasta tercihleri ve son adet döneminin zamanlaması değerlendirilerek bireyselleştirilmelidir (Güçlü,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Yüksek). MHT süresi de devam eden semptomlar ve şiddeti, faydalar ve kişisel riskler göz önüne alınarak hastaya göre bireyselleştirilmelidir. Menopozal hormon tedavisinin periyodik izlemlerde yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir (Güçlü, yüksek). 45 yaşından önce overyan disfonksiyonda azalma ya da kayıp yaşayan kadınlarda VMS yönetimi için ortalama menopoz yaşına kadar MHT düşünülmelidir (güçlü, yüksek) (1, 8).

### 3.2 Soğutma Teknikleri:

Yaşam tarzı değişiklikleri VMS sıklığını azaltabilmektedir. Kıyafet düzenlemesi yapmak, örneğin: kat kat giyinmek, kolsuz bluz giymek, nefes alabilen kumaşlardan üretilmiş kıyafetler giymek ve kalın kıyafet giymekten kaçınmak önerilmektedir. Çevresel düzenlemeler yapmak, örneğin: yelpaze veya elektrikli fan kullanmak, yastık altına soğuk torba veya buz torbası koymak, çift kontrollü elektrikli battaniye veya yatak vantilatörü kullanmak, oda sıcaklığını düşürmek diğer önerilerdendir. VMS'nin tedavisi için soğutma müdahalelerinin etkinliği daha büyük randomize kontrollü klinik çalışmalarla test edilmelidir (Seviye II, önerilmez) (1).

### 3.3 Tetikleyicilerden Kaçınma:

Menopoz dönemindeki kadınlara genellikle alkol, kafein, baharatlı yiyecekler, sıcak yiyecekler gibi tetikleyicilerden kaçınmaları önerilmektedir. Fakat VMS'nin hafifletilmesi için tetikleyicilerden kaçınmanın etkilerini değerlendiren hiçbir klinik çalışma yoktur (Seviye II; tavsiye edilmez). Soğutma teknikleri ve tetikleyicilerden kaçınma gibi yaşam tarzı değişikliklerinin VMS'yi iyileştirdiğine dair güçlü bir kanıt yoktur (1).

### 3.4 Egzersiz:

Sağlıklı bir birey olma adına yapılan fiziksel aktivitenin menopoz döneminde olan kadınlarda da önemli bir rolü bulunmaktadır. Birkaç Cochrane incelemesi sonuçları VMS tedavisi için egzersizin yararlarına yönelik yetersiz veya zayıf düzeyde kanıt olduğunu göstermektedir. Egzersiz çeşitleri yönünden ise yoga ve egzersiz arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. Egzersiz ile egzersiz yapılmamasını karşılaştıran çalışma sonuçları ise egzersizin VMS sıklığı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını göstermektedir (1).

Egzersizin vazomotor menopoz semptomları için etkili bir tedavi olup olmadığını göstermek için kanıtlar yetersizdir. Küçük bir çalışma, HT'nin egzersizden daha etkili olduğunu öne sürmektedir ve HT veya yoga ile karşılaştırıldığında egzersizin göreceli etkinliğini göstermek için kanıtlar yetersizdir. Yaşam tarzı değişiklikleri, sosyalleşme ve fiziksel veya zihinsel olarak aktif olmak tercih edilmelidir (GPP). Tempolu nefes alma ve gevşeme teknikleri VMS'yi hafifletmez ve önerilmez (1, 28).

Egzersiz veya yoganın sağlık ile ilişkili başka yararları olmasına rağmen VMS tedavisi için bu müdahalelerin kanıt düzeyi düşüktür (Seviye II; önerilmez). Tempolu solunum, bilişsel davranışçı terapi, farkındalık eğitimi, akupunktur, hipnoz ve stellat ganglion blokajı vazomotor semptomlar için yararlı teknikler olabilir (A) . Akupunkturun VMS'yi kontrol etmede etkili olup olmadığını belirlemek için kanıtlar yetersizdir. Fiziksel olarak aktif kadınlarda metabolik profil, denge, kas gücü, biliş ve yaşam kalitesinde iyileşme gözlenmektedir. Fiziksel olarak aktif

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

kadınlarda kardiyovasküler olaylar, inme, kırıklar, meme ve kolon kanserleri daha az görülmektedir (1, 28).

Kardiyovasküler hastalık ve toplam ölüm oranını azaltmak için düzenli egzersiz önerilmektedir (B). Uygun egzersiz sıklığı haftada en az 150 dakika orta yoğunlukta olmalıdır. Haftada iki seans ek direnç egzersizi yapılması ek fayda sağlar (B). Aerobik aktivitenin yoğunluğu belirlenirken bireyin aerobik uygunluğu dikkate alınmalıdır (GPP). Orta yoğunlukta egzersiz abdominal obezite, dislipidemi, disglisemi ve hipertansiyonun düzenlenmesinde yarar sağlayarak metabolik sendrom riskini azaltmaktadır (1, 28).

Egzersizin VMS üzerindeki yararına ilişkin kanıtlar yetersiz olmakla birlikte egzersizin genel sağlık üzerindeki olumlu etkileri, mortalite ve hastalık riskini azaltıcı etkileri göz önüne alındığında egzersizden elde edilecek faydaları menopoz semptomlarını hafifletme ile sınırlamak doğru değildir. Yaşlanma sürecine olumlu etkileri düşünüldüğünde bireyler fiziksel olarak aktif olmaları için teşvik edilmelidir (1, 29).

Rah Kang'ın 2023 yılında gerçekleştirdiği bir çalışma, egzersiz ve diyet kontrolünün menopoz semptomlarına bağlı yaşam kalitesinde %24'lük bir azalma sağladığını ortaya koymaktadır (30).

Dąbrowska-Galasve çalışma arkadaşları, yüksek ve orta düzeyde fiziksel aktiviteye sahip kadınların, hareketsiz olanlara kıyasla menopoz semptomlarını daha yoğun yaşadıklarını belirtmektedir (31).

**3.5 Beslenme ve Kilo Kontrolü**:

Menopoz dönemdeki kadınlar, genel erişkin popülasyona kıyasla farklı metabolik özelliklere sahip olabilmektedir. Menopoza geçiş sırasında vücut ağırlığı artışını önleyen yeterli ve dengeli beslenme düzeni, adipozitenin azaltılmasında ve tıbbi tedavi üzerinde etkili olabilmektedir. Bu dönemde kadınların değişen fizyolojik, metabolik ve hormonal durumları göz önüne alınarak uygulanacak diyet ve fiziksel aktivite programı ile sağlık durumunun izlenmesi, sağlığın korunması, hastalıkların önlenmesi ve yaşam kalitesinin iyileşmesine katkıda bulunabilir.VMS tedavisi için diyet değişikliğini destekleyen klinik deneylerden elde edilen kanıtlar sınırlıdır (Seviye III; önerilmez). VMS'yi iyileştirmek için kilo kaybından yararlanılabilir (Seviye II-III; önerilir). Orta yaştaki kadınlarda görülen yaklaşık yılda 0,5 kg düzenli kilo artışı menopoz süreci ile ilgili değil artan yaş ve çevresel faktörlerle ilişkilidir. Sağlıklı bir diyet, düzenli meyve ve sebze, lifli tam tahıllar, haftada iki kez balık ve düşük dansiteli yağ (zeytinyağı) tüketimi tavsiye edilmektedir. Tuz tüketimi sınırlandırılmalıdır. Günlük alkol miktarı kadınlar için 20 g'ı geçmemelidir (GPP). Sigara tüketiminden kaçınılmalıdır (A) (32,1, 33).

Obezite insülin direnci ile ilişkilendirilebilir ve bu nedenle sadece bir kadının kardiyovasküler hastalık ve Diabetes Mellitus (DM) riskini artırmakla kalmaz, aynı zamanda meme, kolon ve endometriyal kanser riskini de artırır. Yaklaşık %5-10 oranında kilo kaybı insülin direnci sendromu ile ilgili sorunları iyileştirmek için yeterlidir (B). Güncel bir çalışmada kanıt düzeyi düşük olmakla birlikte yüksek bir gluten alımına kıyasla daha düşük bir gluten alımının, kardiyovasküler risk faktörü olan tip 2 DM riskini de hafif artırabileceği öne sürülmektedir (1).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Menopozal hormon tedavisi kilo alımı ile ilişkili değildir ve perimenopozal abdominal yağ birikimini iyileştirebilir. Postmenopozal dönemde kilo yönetimi ve kilo alımının önlenmesi bakımda temel bileşenlerdir. Kadınların yaşam kalitesini korumak için vücut ağırlığının uygun aralığa getirilmesi perimenopozun erken dönemlerinden itibaren düşünülmelidir. Kilo yönetimine yönelik birincil yaklaşım sağlıklı beslenme ve fiziksel aktivitenin teşvik edilmesi olmalıdır (32,1, 33).

Sağlıklı bir diyetin sürdürülmesi ve fiziksel aktivite ile aşırı kaloriden kaçınılması kilo yönetiminde en önemli noktadır. Sağlıklı beslenme, sağlığın teşviki ve kronik hastalıkların önlenmesi için önemlidir fakat VMS'yi iyileştirmek için bir araç olarak diyet değişikliklerini destekleyen sınırlı kanıt vardır. Yine de VMS'yi iyileştirmek için kilo kaybı düşünülebilir. Kadınlara yaşam kalitelerini iyileştirmek ve sağlıklarını korumak için standart menopoz bakımının yanı sıra yaşam tarzına uygun danışmanlık ve davranış değişikliği önerileri sunulması gereklidir. Beslenme ve kilo kontrolünün VMS üzerindeki yararına ilişkin kanıtlar yetersiz olmakla birlikte genel sağlık üzerindeki olumlu etkileri düşünüldüğünde bireyler sağlıklı beslenme konusunda bilgilendirilmeli ve kilo yönetimi için teşvik edilmelidir (32,1, 33).

## 4. SONUÇ

Klimakterik dönem, kadın yaşamının üçte birini kapsayan ve hormonal değişimlerin etkisiyle vazomotor, psikolojik, ürogenital ve metabolik birçok değişikliğin yaşandığı dinamik bir süreçtir. Bu süreçte ortaya çıkan semptomlar kadının yaşam kalitesini ve genel sağlık durumunu önemli ölçüde etkilemektedir. İncelenen kanıta dayalı veriler; vazomotor semptomlar ve genitoüriner sorunların yönetiminde hormon tedavisinin en etkili yöntem olduğunu, ancak yaşam tarzı değişiklikleri, beslenme düzenlemeleri ve pelvik taban egzersizleri gibi hormonal olmayan yaklaşımların da semptomların hafifletilmesinde önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Özellikle osteoporoz ve kardiyovasküler hastalıklar gibi uzun vadeli risklerin önlenmesinde fiziksel aktivite ve dengeli beslenmenin koruyucu etkisi kanıtlarla desteklenmektedir. Sonuç olarak, menopozal geçiş sürecinde yaşanan sorunların giderilmesi ve yaşam kalitesinin artırılması, her kadının bireysel gereksinimlerine uygun, kanıt düzeyi yüksek güncel yaklaşımların bütüncül bir şekilde uygulanmasına bağlıdır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 5. KAYNAKÇA

1. Büyükkayacı Duman, N., Kanıta dayalı uygulamalar ışığında kadın sağlığı, hastalıkları ve doğum, Nobel Tıp Kitabevleri, Ankara, 2024.
2. Taşkın, L., Doğum ve Kadın Sağlığı Hemşireliği, 6. Baskı, Akademisyen Tıp Kitabevi, Ankara, 2020.
3. Nazik, E., Doğum ve Kadın Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği, 2. Baskı, Akademisyen Kitabevi, Ankara, 2022.
4. Erbaş, N. ve Demirel, G., Klimakterik dönemdeki kadınların menopoza ilişkin yakınmalarının ve menopozal tutumlarının cinsel yaşam kalitesi üzerine etkisinin değerlendirilmesi, Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 4, 220-225, 2017.
5. Selçuk, A. K. ve Dışsız, M., Klimakterik Dönem Kadın Sağlığı Sorunları, Sağlıklı Yaşlanma, 59, 2021.
6. Ganapathy, T. and Al Furaikh, S. S., Health-related Quality of Life among Menopausal Women, Archives of Medicine and Health Sciences, 6(1), 16-23, 2018. https://doi.org/10.4103/amhs.amhs_122_17 (Erişim tarihi: 10.09.2026)
7. Tüzmen, H. D., Altuntuğ, K. ve Ege, E., Klimakterik Dönemde Kadınların Yaşadıkları Menopozal Semptomların Yaşam Kalitesine Etkisi, Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi, 9(2), 220-231, 2026.
8. Selçuk, A. K. ve Dışsız, M., Klimakterik Dönem Kadın Sağlığı Sorunları, Sağlıklı Yaşlanma, 59, 2021.
9. İkiışık, H., Turan, G., Kutay, F., Karamanlı, D. C., Gülen, E., Özdemir, E. ve ark., Awareness of menopause and strategies to cope with menopausal symptoms of the women aged between 40 and 65 who consulted to a tertiary care hospital, ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 5(1), 10-21, 2020. https://doi.org/10.35232/estudamhsd.632194 (Erişim tarihi: 10.09.2026)
10. Gümüşay, M. ve Erbil, N., Kadınların menopoza özgü yaşam kalitesine menopoz tutumunun etkisi, Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi, 2(2), 96-109, 2019.
11. Kilci, Ş. ve Ertem, G., Menopozda semptom yönetiminde kullanılan kanıta dayalı uygulamalar, Sakarya University Journal of Holistic Health, 2(3), 36-54, 2019.
12. Li, J., Luo, M., Tang, R., Sun, X., Wang, Y., Liu, B. et al., Vasomotor symptoms in aging Chinese women: findings from a prospective cohort study, Climacteric, 23(1), 46-52, 2020.
13. Pengo, M. F., Won, C. H. and Bourjeily, G., Sleep in women across the life span, Chest, 154(1), 196-206, 2018.

14. Baker, F. C., De Zambotti, M., Colrain, I. M. and Bei, B., Sleep problems during the menopausal transition: prevalence, impact, and management challenges, Nature and Science of Sleep, 10, 73-95, 2018.

15. Nowakowski, S., Matthews, K. A., Von Känel, R., Hall, M. H. and Thurston, R. C., Sleep characteristics and inflammatory biomarkers among midlife women, Sleep, 41(5), zsy049, 2018.

16. Aksu, S. P. ve Erenel, A. Ş., Menopozal Dönem Semptomları ve Hemşirelik Bakımı, Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi, 8(1), 1-10, 2023.

17. Takahashi, T. A. and Johnson, K. M., Menopause, The Medical Clinics of North America, 99(3), 521–534, 2015. https://doi.org/10.1016/j.mcna.2015.01.006 (Erişim tarihi: 10.09.2026)

18. Jamali, S., Javadpour, S., Mosalanejad, L. and Parnian, R., Attitudes about sexual activity among postmenopausal women in different ethnic groups: a cross-sectional study in Jahrom, Iran, Journal of Reproduction & Infertility, 17(1), 47-55, 2016.

19. Nie, X., Xie, R. and Tuo, B., Effects of estrogen on the gastrointestinal tract, Digestive Diseases and Sciences, 63(3), 583-596, 2018.

20. Nachtigall, L. E. and Nachtigall, L., Menopause and the gastrointestinal system: our gut feelings, Menopause, 26(5), 459-460, 2019.

21. Fistarol, M., Rezende, C. R., Figueiredo Campos, A. L., Kakehasi, A. M. and Geber, S., Time since menopause, but not age, is associated with increased risk of osteoporosis, Climacteric, 22(5), 523-526, 2019.

22. American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG), Practice Bulletin No. 129: osteoporosis prevention, screening, and diagnosis, Obstetrics & Gynecology, 138(3), 494-506, 2020.

23. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği, Osteoporoz ve metabolik kemik hastalıkları tanı ve tedavi kılavuzu, 16. Baskı, BAYT Bilimsel Araştırmalar Basın Yayın ve Tanıtım Ltd. Şti., Ankara, 2022. https://file.temd.org.tr/Uploads/publications/guides/documents/OSTEOPOROZ_MKH2022.pdf?a=1 (Erişim tarihi: 10.09.2026)

24. Newson, L., Menopause and cardiovascular disease, Post Reproductive Health, 24(1), 44-49, 2018.

25. Muka, T., Oliver-Williams, C., Colpani, V., Kunutsor, S., Chowdhury, S., Chowdhury, R. et al., Association of vasomotor and other menopausal symptoms with risk of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis, PLoS One, 11(6), e0157417, 2016.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

26. Monteleone, P., Mascagni, G., Giannini, A., Genazzani, A. R. and Simoncini, T., Symptoms of menopause—global prevalence, physiology and implications, Nature Reviews Endocrinology, 14(4), 199-215, 2018.

27. O'Neill, S. and Eden, J., The pathophysiology of menopausal symptoms, Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine, 27(10), 303-310, 2017.

28. Grindler, N. M. and Santoro, N. F., Menopause and exercise, The Journal of The North American Menopause Society, 22(12), 1351-1358, 2015. https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000536 (Erişim tarihi: 10.09.2026)

29. Cemek Karslı, A., Menopoz dönemindeki kadınların kardiyovasküler hastalık risk farkındalıkları ve egzersiz davranışına ilişkin sağlık inançları, Yüksek Lisans Tezi, 2023.

30. Rah Kang, A., Managing menopausal symptoms through exercise and dietary changes, 2023.

31. Dąbrowska-Galas, M., Dąbrowska, J., Ptaszkowski, K. and Plinta, R., High physical activity level may reduce menopausal symptoms, Medicina, 55(8), 466, 2019.

32. Üçtepe, H., Küçükerdönmez, Ö., Kaner, G. ve Çalık, G., Klimakteriyum Dönemdeki Kadınların Beslenme Durumlarının Saptanması, Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi, 7(1), 2022.

33. Akdağ, S., Kaner, G. ve Ayer, Ç., Menopoz Döneminde Beslenmenin Yönetimi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 7(1), 191-197, 2022. https://izlik.org/JA36XU67WU (Erişim tarihi: 10.09.2026)

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# GEBELİK VE CİNSEL YAŞAM

**Yükseklisans Öğrencisi, Mercan GÜNEŞ**
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği, Adana, Türkiye.
mercannguness@gmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-5898-4022

**Dr. Öğr. Üyesi, Seda KARAÇAY YIKAR**
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği, Adana, Türkiye.
sedakrcyyikar@gmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1885-5376

**Prof. Dr., Evşen NAZİK**
Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği, Adana, Türkiye.
eceevsen_61@hotmail.com - ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5464-4467

## ÖZET

İnsan yaşamının doğumdan ölüme kadar süren temel ve dinamik bir parçası olan cinsellik; biyolojik, psikolojik ve sosyokültürel faktörlerin etkileşimiyle şekillenen bütüncül bir olgudur.

Kadın yaşam döngüsünün en kritik geçiş evrelerinden biri olan gebelik süreci, yaşanan hormonal değişimler, anatomik başkalaşımlar ve ruhsal dalgalanmalar nedeniyle çiftlerin cinsel yaşam dinamiklerini doğrudan etkilemektedir.

Gebelikte cinsel istek ve fonksiyonlar trimesterlere göre belirgin farklılıklar göstermektedir. Birinci ve üçüncü trimesterlerde bulantı, halsizlik, ağrı, beden imajında bozulma algısı ve özellikle fetüse zarar verme korkusu gibi nedenlerle cinsel aktivitede belirgin bir azalma yaşanırken; şikâyetlerin hafiflediği ve adaptasyonun arttığı ikinci trimester genellikle cinselliğin yeniden canlandığı dönem olarak öne çıkmaktadır.

Fizyolojik etkenlerin yanı sıra cinselliğin annelik rolüyle çatıştırılması, eşler arası iletişim yetersizliği, toplumsal tabular ve bilimsel dayanağı olmayan kültürel mitler, çiftlerin cinsel yakınlıktan uzaklaşmasına ve cinselliği bir tehdit olarak algılamasına yol açabilmektedir. Bu süreçte cinsel sağlığın ihmal edilmesi çift ilişkisini ve aile bütünlüğünü olumsuz etkilemektedir.

Gebelerle en sık temas kuran sağlık profesyonelleri olan hemşireler, bakım sürecinde cinsel sağlığı önceliklendirmeli; çiftlerin kaygılarını yargılamadan dinleyerek kanıta dayalı, kapsamlı ve kültürel değerlere duyarlı danışmanlık hizmeti sunmalıdır. Tıbbi bir kontrendikasyon bulunmadıkça cinsel yaşamın sürdürülebileceği konusunda çiftlerin bilgilendirilmesi, anksiyetenin azaltılması ve sağlıklı bir ebeveynlik geçişinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu derleme çalışması; gebelik sürecinde cinsel fonksiyonların seyrini, bu süreci etkileyen biyopsikososyal faktörleri ve literatür doğrultusunda uygulanması gereken hemşirelik yaklaşımlarını kapsamlı bir bakış açısıyla sunmayı amaçlamaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Anahtar Kelimeler:** Gebelik, Cinsellik, Cinsel Sağlık, Hemşirelik

## PREGNANCY AND SEXUAL LIFE

### ABSTRACT

Sexuality, a fundamental and dynamic aspect of human life spanning from birth to death, is a holistic phenomenon shaped by the interplay of biological, psychological and socio-cultural factors.

Pregnancy, one of the most critical transitional phases in a woman's life cycle, directly affects the dynamics of a couple's sexual life due to the hormonal changes, anatomical alterations and emotional fluctuations experienced during this period.

Sexual desire and function during pregnancy show marked differences depending on the trimester. Whilst there is a marked decrease in sexual activity during the first and third trimesters due to factors such as nausea, fatigue, pain, a perceived deterioration in body image and, in particular, the fear of harming the foetus; the second trimester, when symptoms ease and adaptation improves, generally stands out as a period in which sexuality is revitalised.

In addition to physiological factors, the conflict between sexuality and the role of motherhood, inadequate communication between partners, social taboos and cultural myths lacking scientific basis can lead couples to distance themselves from sexual intimacy and perceive sexuality as a threat. The neglect of sexual health during this process has a negative impact on the couple's relationship and family cohesion.

Nurses, as the healthcare professionals who most frequently interact with pregnant women, should prioritise sexual health during the care process; they should listen to couples' concerns without judgement and provide evidence-based, comprehensive and culturally sensitive counselling. Informing couples that sexual activity can be maintained unless there is a medical contraindication is of critical importance in reducing anxiety and ensuring a healthy transition to parenthood. This review aims to provide a comprehensive overview of the course of sexual function during pregnancy, the biopsychosocial factors influencing this process, and the nursing approaches that should be implemented in line with the literature.

**Keywords:** Pregnancy, Sexuality, Sexual Health, Nursing

## 1. GİRİŞ

İnsan hayatının en temel ve dinamik parçalarından biri olan cinsellik; doğumla başlayıp yaşamın sonuna dek süren, bedensel hazların ötesinde psikolojik, sosyal ve etik boyutları olan bütüncül bir olgudur. Sadece üreme organlarıyla sınırlı olmayan bu kavram, bireyin kimliğini, iletişim biçimini ve partneriyle kurduğu duygusal derinliği şekillendiren en güçlü mekanizmalardan biridir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tanımlamasına göre cinsellik; fiziksel bütünlük, duygusal dışa vurum ve entelektüel paylaşımın harmanlanmasıyla bireyin kişiliğini zenginleştiren bir etkileşim sürecidir. Ancak pek çok kültürde cinsellik; hem büyük

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

bir merak konusu olması hem de katı tabularla çevrelenmesi nedeniyle, doğru bilgiye ulaşmanın en zor olduğu alanlardan biri olma özelliğini korumaktadır (1,2).

Kadın yaşam döngüsünün en mucizevi ve aynı zamanda en sarsıcı evrelerinden biri olan gebelik, bu karmaşık cinsel yapıyı derinden etkileyen bir dönemeçtir. Gebelik sadece bir bebek sahibi olma süreci değil, aynı zamanda anne ve baba adayının "ebeveynlik" rolüne geçiş yaptığı, hormonal dengelerin altüst olduğu ve vücut imajının baştan sona değiştiği bir adaptasyon dönemidir. Bu süreçte yaşanan fizyolojik dönüşümler, trimester bazlı dalgalanmalar ve ruhsal gelgitler; çiftlerin cinsel yakınlıklarını ya güçlendirmekte ya da ciddi bariyerlerle karşı karşıya bırakmaktadır. Özellikle bebeğe zarar verme korkusu, anneliğin cinsel kimlikle bağdaştırılamaması ve sosyokültürel baskılar, bu özel dönemde cinsel sağlığın arka plana atılmasına neden olabilmektedir (4).

Gebelikte cinsel yaşamın sağlıklı bir zeminde sürdürülmesi, eşler arasındaki bağın korunması ve doğum sonrası aile yapısının huzuru için stratejik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada; gebelik sürecinde cinsel fonksiyonların nasıl bir seyir izlediği, bu süreci etkileyen biyopsikososyal faktörlerin neler olduğu ve toplumsal inançların çiftlerin mahremiyetine nasıl yön verdiği literatürdeki güncel verilerle analiz edilmektedir.

## 2. CİNSELLİK

Cinsellik, doğum öncesi başlayıp yaşam boyu devam eden; sadece cinsel organları değil, tüm bedeni içeren bir kavramdır. Cinsel kimliğe sahip olma, öğrenme süreci ve erotik zevk duyma özelliklerini içeren; fiziksel, zihinsel ve sosyal yönleri olan; çiftler arasında olumlu ilişkileri kolaylaştıran ve sevgiyi zenginleştiren bir bütün olarak ele alınmaktadır (1).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre cinsellik; fiziksel, duygusal, entelektüel ve sosyal yönlerin kişiliği, iletişimi ve etkileşimi artıran etkilerinin bileşiminden oluşmaktadır. Cinsellikte psikolojik, sosyal, ekonomik, politik, kültürel, hukuki, tarihi, dini, biyolojik ve ruhsal faktörler etkili olmaktadır. İncesu'ya göre; cinselliğin hem en çok merak edilen hem de en çok yasaklanan hem en çok konuşulan hem de aslında hiç konuşulmayan, çok bilindiği iddia edilen ama aslında çok az bilinen, bir yanda övünülürken diğer yanda utanılan bir durum olması, konuyu zorlu bir hale getirmektedir (2).

Özellikle gelişmekte olan toplumlarda cinsellik üzerine çeşitli mitler oluşturulmakta, bu durum kadınların cinselliğe ilişkin bilgi gereksinimini artırmaktadır. Cinsellik içgüdüsel bir dürtüdür. Cinsel işlevler, başta merkezi sinir sistemi olmak üzere bedenin işlevlerinin tümüyle katıldığı karmaşık süreçler barındıran eylemler dizisidir. Bu nedenle başta hastalıklar, kullanılan ilaç ve maddeler gibi bedeni etkileyen her etken ile gebelik, menopoz ve ergenlik gibi her dönemsel durum cinselliği de etkileyebilmektedir. Cinselliğin sağlıklı ve mutlu olarak devam edebilmesi için bedensel işlevlerin sağlıklı sürdürülmesi gerekmektedir (3).

## 3. GEBELİKTE CİNSELLİK

Gebelik süreci, anne adayının ve eşinin hayatını hem fiziksel hem de psikososyal açıdan derinden etkileyen, hormonal dengelerin yeniden kurulduğu bütüncül bir evredir. Bu dönemde

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

yaşanan değişimler, doğrudan bedensel zevk algısı ve cinsel yaşam dinamikleriyle ilişkilidir. Kadının yaşam döngüsündeki bu benzersiz eşik, beraberinde getirdiği fizyolojik ve ruhsal farklılıklar nedeniyle cinsel aktivite alışkanlıklarında belirgin dönüşümlere yol açar. Özellikle gebeliğin üçer aylık dönemleri olan her bir trimester, cinsel istek ve fonksiyonlar üzerinde kendine has etkiler oluşturur (4).

Bu dönemde, cinselliğin sağlıklı bir şekilde devamı için bilgi gereksinimi artmaktadır. Cinselliğin fizyolojisinin bilinmesi, gebelikteki değişikliklerin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bazı kadınlarda gebeliğin getirdiği değişimlere karşı geliştirilen bir savunma mekanizması olarak cinsel isteğin arttığı da görülmüştür. İlk gebeliğini yaşayan genç kadınlarda anneliğin bir yaşlılık belirtisi olarak algılanması durumu ise cinsel yaşamlarını olumsuz etkileyebilmektedir (5).

### 3.1 Birinci Trimester

Gebeliğin başlangıcından on ikinci haftasına kadar olan süreci kapsayan ilk trimester, vücudun yeni duruma uyum sağladığı bir adaptasyon evresidir. Vücudun hem fiziksel hem de biyokimyasal olarak köklü bir yeniden yapılanma sürecine girdiği kritik bir evredir. Bu kritik süreçte, vücutta kapsamlı nöro-hormonal dönüşümler yaşanmaktadır. Özellikle gebeliğin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için hayati önem taşıyan östrojen ve progesteron gibi temel hormonların sentezlenme oranlarında belirgin bir yükseliş gözlemlenmektedir. Bu hormonal artış, vücudun gebeliğe uyum sağlamasında anahtar bir rol oynamaktadır (9). Bu kritik üç aylık dönemde, cinsel yaşam dinamikleri kişiden kişiye büyük farklılıklar gösterir. Bazı çiftler alışılmış cinsel düzenlerini olduğu gibi devam ettirirken, bazıları ise cinsel aktivitelerini tamamen durdurma yoluna gidebilir. Bu süreçte cinsel ilişki sıklığında yaşanan belirgin dalgalanmalar, gebeliğin getirdiği fiziksel ve psikolojik değişimlerin doğal bir sonucudur (5).

Gebeliğin bu ilk evresinde cinsel yaşam, kadınların bireysel farklılıklarına göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir Bazı çiftler alışılagelmiş cinsel rutinlerini sorunsuz bir şekilde sürdürebilirken, bazılarında ise cinsel aktivite tamamen durma noktasına gelebilir. Cinsel ilgi ve isteğin azalması, genellikle bu dönemde görülen semptomların şiddetiyle ilişkilidir. Bazı kadınlar gebeliğin henüz çok başında oldukları için cinsel aktivitelerinde bir değişiklik hissetmeyebilirler (6).

Ancak çoğu kadında bu dönemde ortaya çıkan şu durumlar libidonun azalmasına neden olabilir:

- Bulantı, kusma ve belirli kokulardan tiksinme (eşinin vücut veya nefes kokusuna karşı hassasiyet dahil).
- Aşırı yorgunluk, uykuya meyil ve genel fiziksel rahatsızlık.
- Ilık idrara çıkma, meme ve vajinal hassasiyet.
- Artan vajinal salgılar ve bebeğe zarar verme korkusu.
- Ambivalan (zıt) duygular

Fizyolojik değişimlerin yanı sıra, daha önce abortus öyküsü olan kadınların bu dönemde cinsel aktiviteden kaçınmaları tıbbi olarak önerilebilmektedir (4, 5).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 3.2 İkinci Trimester

Gebeliğin ikinci trimesterine girilmesiyle birlikte kadınlar, süreci hem zihinsel hem de bedensel olarak içselleştirmeye ve mevcut duruma tam anlamıyla uyum sağlamaya başlarlar. Gebeliğin ikinci trimesteri, genellikle cinsel yaşamın yeniden canlandığı bir dönem olarak nitelendirilir. Bu evrede ilk aylardaki yoğun bulantı, kusma ve aşırı yorgunluk gibi fiziksel şikayetlerin hafiflemesi, kadının genel sağlık algısını ve enerji düzeyini yukarı çeker. Fiziksel rahatsızlıkların azalmasıyla birlikte, kadının kendi vücuduna duyduğu güven artar ve bu durum doğrudan cinsel ilgiye yansır. İlk trimesterin belirsizlikleri ve düşük korkusu gibi kaygıların yerini daha stabil bir sürece bırakması, çiftlerin cinsel aktivite sıklığında belirgin bir yükselişe zemin hazırlar. Bu dönem, kadının ve eşinin ilk aylardaki yakınmalarının azaldığı, gebelik gerçeğinin benimsendiği ve değişimlere uyum sağlandığı "en uygun dönem" olarak kabul edilir (5, 6).

İkinci trimesterde cinsel yaşamı olumlu etkileyen unsurlar şunlardır:

- Yorgunluk, bulantı ve kaygı düzeyinin azalması.
- Vajinal kayganlığın artması.
- Pelvik bölgedeki kan akışının artmasıyla birlikte erotik düşüncelerin ve cinsel arzunun tetiklenmesi.
- Bu dönemde fiziksel rahatlık açısından kadının üstte olduğu pozisyonlar önerilmektedir.
- Bazı genç kadınlarda "annelik" rolünün yaşlılık belirtisi gibi algılanması cinsel isteği baskılayabilir.
- Bazı babaların bebeğe zarar verme korkusu yaşaması veya ilişki sırasında bebeğin hareket etmesini "bebek bizi algılıyor" şeklinde yorumlaması, çiftlerin cinsel yaşamını olumsuz etkileyebilen yaygın mitler arasındadır (4).

### 3.3 Üçüncü Trimester Dönemi:

Gebeliğin son evresi, 27. haftadan doğuma kadar sürer ve cinsel aktivite sıklığının en düşük olduğu dönemdir. Uterusun büyümesiyle birlikte azalan fiziksel şikayetler yeniden ortaya çıkabilir. Yorgunluk, halsizlik, mide problemleri, solunum sıkıntısı, pelvik ligament ağrıları, sık idrara çıkma, hareketin azalması ve memelerden süt gelmesi gibi belirtiler; cinsel ilişki ve orgazm sırasında ortaya çıkan güçlü uterus kasılmalarıyla birleşince libidonun azalmasına ve anne adayının cinselliği ikinci plana atmasına neden olabilir. Beklenen doğum tarihi yaklaştıkça enfeksiyon, doğumda ağrı duyma ve anormal bir durum gelişeceği korkusu da cinselliği etkileyen diğer nedenlerdir. Bazı çiftler, gebeliğin geç döneminde koitusun erken doğuma neden olacağı endişesi ve çocuklarını kaybetme korkusu ile cinsel yaşamlarını sınırlandırabilmektedir (4, 6). Bilge ve arkadaşlarının (2021) 52 hamile kadınla gerçekleştirdiği araştırma sonuçlarına göre, özellikle birinci ve üçüncü trimesterlerde kadınların cinsel işlevlerinde belirgin bir gerileme yaşandığı saptanmıştır. Kadınlar bu dönemlerde cinsel birleşme sırasında fiziksel ağrı hissettiklerini, cinselliğe yönelik kaygılarının arttığını ve bu durumun partnerleriyle olan cinsel iletişimlerini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir (7, 8).

Sağlıklı term gebeliklerde koitusun, semende bulunan prostaglandin E sayesinde doğum eylemini başlatmak için yararlı olacağı ve indüksiyona gereksinimi azaltacağı belirtilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Öte yandan, koitusun sağlıklı term gebelerde vajinal doğumu başlatıp başlatmadığını araştırmak amacıyla gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmaya göre; koitus tavsiye edilen grup ile tavsiye edilmeyen grup arasında spontan vajinal doğum oranları açısından anlamlı bir fark elde edilememiş, bu konuda daha fazla çalışmaya gereksinim olduğu ifade edilmiştir (9).

Gebelikte libido genellikle birinci trimesterde azalmakta, ikinci trimesterde geri dönmekte ya da artmakta ve üçüncü trimesterde tekrar azalmaktadır. Cinsel işlevlerin değişmesini; fiziksel değişimler, bebeğe karşı utanma duygusu, zarar verme düşüncesi ve ağrılı koitus gibi faktörler etkilemektedir (9).

## 4. GEBELİK DÖNEMİNDE CİNSELLİĞİ ETKİLEYEN FİZYOLOJİK FAKTÖRLER

Kadın hayatındaki hormon dalgalanmaları; adet döngüsü, hamilelik, doğum sonrası süreç ve menopoz gibi pek çok farklı aşamada cinsel fonksiyonlar üzerinde belirleyici bir rol oynar. Cinselliğe dair hisler ve işlevsellik, ömür boyu süren bu değişimlere paralel olarak farklılık gösterebilir. Özellikle psikososyal bir geçiş dönemi ve kriz süreci olarak nitelendirilen gebelik evresinde, yaşanan hormonal ve fiziksel dönüşümler cinsel yaşamda çeşitli aksamalara zemin hazırlayabilir. Kadın sağlığını ve genel hayat kalitesini doğrudan etkileyen bu özel süreç, bedensel başkalaşımların yoğunluğu nedeniyle cinsel sağlığın hassaslaştığı kritik bir zaman dilimidir (4).

İlk aylarda yükselen östrojen, progesteron ve prolaktin seviyeleri, ciltte yumuşama ve saçlarda parlaklık sağlayarak kadının kendisini daha iyi hissetmesine katkıda bulunurken; aynı dönemde genital bölgedeki kan akışının artması (vazodilatasyon) pelvik bölgede dolgunluğa yol açar. Bu evrede uterus ve servikste yumuşama, vajinal renk değişimi ve sekresyon artışı gibi belirtilerle birlikte cinsel istekte geçici bir yükselme görülebilir. Ancak bu durum; bulantı, kusma, halsizlik, meme hassasiyeti ve vücut formundaki hızlı değişimler gibi faktörlerin etkisiyle yerini cinsel arzuda azalmaya bırakabilmektedir. İdrar kaçırmanın cinsel işlev üzerinde olumsuz etkileri gözlenmiştir (4, 10).

Gebeliğin ilerleyen aşamalarında ve özellikle son trimesterde tablo daha karmaşık bir hal alır. Karın bölgesinin büyümesi, aşırı yorgunluk, bel ağrıları, mide sorunları ve sık idrara çıkma gibi fiziksel rahatsızlıklar, cinselliği kadın için konforlu olmaktan çıkarabilir. Ayrıca relaksin hormonunun etkisiyle vajinal dokularda yaşanan değişimler his kaybına neden olabilirken, gebeliğin başında artan testosteron gibi hormonların normal seviyelerine dönmesi de süreci etkiler (4).

Fiziksel etkenlerin yanı sıra; düşük gelir düzeyi, artan yaş, yüksek vücut kitle indeksi ve idrar kaçırma gibi değişkenlerin cinsel doyum ve ilişki sıklığı üzerinde negatif etkileri olduğu bilinmektedir. Kadının değişen vücut şekli nedeniyle özgüveninin azalması, enfeksiyon riskleri, vulvar varisler ve disparoni gibi durumlar çiftlerin farklı pozisyon arayışlarına girmesine veya ilişkiden uzaklaşmasına yol açar. Sonuç olarak, hem hormonal dalgalanmaların yarattığı yan etkiler hem de vajinal dokudaki yapısal değişimler, gebelik boyunca cinsel uyarılma ve orgazm kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlardır (4).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Yapılan araştırmalar, gebelik sürecindeki cinsel tutumların bireysel farklılıklar gösterdiğini ve çok boyutlu bir yapıda olduğunu ortaya koymaktadır. Leite ve çalışma arkadaşlarının (2020) elde ettiği bulgular; yoğun yorgunluk hissi, memelerde meydana gelen hassasiyet ve ağrı şikayetleri ile belirginleşen karın yapısının, cinsel aktivite sıklığını sınırlayan temel fiziksel engeller olduğunu göstermektedir. Katılımcıların büyük bir kısmı, vücutlarında meydana gelen bu morfolojik değişimlerin cinsel arzuları üzerinde baskılayıcı bir rol oynadığını ifade etmişlerdir. Öte yandan, literatürdeki bu genel eğilimin aksine, bazı kadınlar gebelik döneminde cinsel isteklerinde belirgin bir yükseliş ve libido artışı yaşadıklarını belirtmektedir (11).

## 5. GEBELİK DÖNEMİNDE CİNSELLİĞİ ETKİLEYEN PSİKOLOJİK FAKTÖRLER

Gebelik süreci, kadınlar için zıt duyguların bir arada deneyimlendiği karmaşık bir ruhsal atmosfer yaratır. Bir yandan yeni bir hayatın habercisi olan sevinç ve mutluluk hisleri hakimken, diğer yandan belirsizliklerin getirdiği korku, anksiyete, stres ve hatta depresif ruh halleri bu tabloya eşlik edebilir. Duygusal dengenin bu denli hassas olduğu bir dönemde, özellikle yoğun stres ve korku yaşayan kadınlar kendilerini psikolojik olarak savunmasız hissedebilirler. Bu güvenlik duygusundaki zedelenme, cinsel arzunun baskılanmasına ve dolayısıyla cinsel aktivite sıklığının belirgin şekilde düşmesine yol açan temel bir faktördür (9).

Gebeliğin ilk üç aylık döneminde birçok kadın, cinsel birlikteliğin fetüsün gelişimine zarar verebileceğine dair asılsız bir kaygı ve buna bağlı derin bir suçluluk duygusu hissedebilir. Bu psikolojik baskı, kadının cinselliği bir tehdit olarak algılamasına yol açarak cinsel yakınlıktan bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde uzaklaşmasına neden olur. Bebeği koruma içgüdüsünün yarattığı bu çekince, cinsel arzunun önüne geçerek çiftler arasındaki fiziksel paylaşımın azalmasındaki temel psikolojik bariyerlerden birini oluşturur (9, 12).

Gebeliğin ikinci trimesterinde anne adayları süreci içselleştirmiş ve odaklarını tamamen bebeğe çevirmiş olmaları nedeniyle genel bir huzur ve mutluluk hali yaşarlar. Fizyolojik açıdan bu evre cinsellik için en elverişli zaman dilimi olarak kabul edilse de pek çok kadın cinsel yaşama karşı olan heyecanını kaybedebilmektedir. Bu ilginin azalmasında; bebeğe zarar verme endişesi gibi fiziksel kaygıların yanı sıra cinselliği annelik rolüyle bağdaştıramama, cinsel ilişkiyi ahlaki değerlerle çatışan veya günah kabul edilen bir eylem olarak görme gibi derin psikososyal ve kültürel bariyerler etkili olmaktadır (4).

Üçüncü trimesterde ise gebelik yaklaştığı için bebeği koruma duygusu, doğum eylemi ve bebeğin sağlıklı olup olmayacağı düşüncesi, doğumda ağrı duyma ve anormal bir durum olacağı korkusu nedeniyle cinsel aktivitede azalma görülmektedir (4).

Gebelik sürecinde vücut hatlarının genişlemesi, kadınlarda fiziksel görünümle ilgili ciddi bir kaygı sürecini tetikleyebilmektedir. Kendini formda hissetmeme, estetik açıdan çekiciliğini yitirme ve eşinin ilgisini kaybetme gibi düşünceler; kadının özgüvenini sarsarak cinsel yaşamdan uzaklaşmasına neden olabilir. Bu noktada kadın, kendini beğenilmeyen veya "çirkin" biri olarak algıladığı için yakınlıktan kaçınma eğilimi gösterebilir. Çoğu kadın, gebelik dönemindeki cinsel etkileşimin neredeyse tamamen eşleri tarafından başlatıldığını ifade

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

etmektedir. Bu durum, kadının kendi arzusundan ziyade pasif bir katılım gösterdiğine işaret eder. Bazı kadınlar için cinsellik, bir haz kaynağı olmaktan çıkıp "evliliği koruma" mekanizmasına dönüşmektedir. Eşinin dışarıya yönelmesini veya sadakatsizlik yapmasını engelleme düşüncesi, isteksiz de olsa cinsel aktiviteye devam edilmesindeki temel motivasyon kaynağı olabilmektedir. Fiziksel değişimler, sadece estetik bir kaygı değil, aynı zamanda cinsel kimliğin "annelik" rolü altında ezilmesiyle sonuçlanabilmektedir (13, 14).

Gebelik, sadece anne adayı için değil, erkek için de ebeveynlik kimliğine geçişin yaşandığı, derin psikolojik dönüşümleri barındıran kolektif bir süreçtir. Bu evrede erkekler, hem eşlerinin değişen fiziksel ve ruhsal yapısına hem de aileye katılacak yeni bireye uyum sağlamaya çalışırlar. Süreç boyunca baba adayları, bir yandan çocuk sahibi olmanın verdiği gurur ve mutluluğu yaşarken, diğer yandan eşlerine karşı daha korumacı ve ilgili bir tutum sergileyerek süreci sahiplenirler. Ancak bu olumlu duygulara, sıklıkla belirsizlikten kaynaklanan karmaşık hisler de eşlik eder. Heyecan ve sevinçle birlikte, artan sorumlulukların yarattığı baskı nedeniyle aynı anda hem istek hem de kaygı duyma durumu sıkça görülür. Bebeğe fiziksel bir zarar verme korkusu, erkeklerin cinsel yaşamdan uzaklaşmasındaki en temel motivasyonlardan biridir. Bu durum, eşler arasındaki fiziksel bağın geçici olarak zayıflamasına neden olabilir. Bebeğin, eşinin hayatındaki odak noktası haline gelmesini içten içe kıskanma veya "iyi bir baba olabilecek miyim?" sorusunun yarattığı yetersizlik anksiyetesi, hatta ileri seviyelerde depresif belirtiler ortaya çıkabilir. Uyum sağlamak amacıyla gebelik ve bebek bakımı üzerine araştırmalar yapmak, erkeğin bu yeni role hazırlanma stratejisidir (4).

## 6. GEBELİK DÖNEMİNDE CİNSEL YAŞAMI ETKİLEYEN SOSYOKÜLTÜREL FAKTÖRLER

Gebelik sürecinde cinsel yaşamı şekillendiren unsurlar sadece biyolojik ve ruhsal değişimlerle sınırlı kalmayıp; içinde bulunulan toplumun sosyal yapısı, kültürel değerleri, dini kabulleri ve ekonomik koşullarıyla da yakından ilişkilidir. Özellikle cinselliğin kapalı bir kutu olarak görüldüğü muhafazakâr toplumlarda, bu konu hakkındaki bilgi eksikliği ve yerleşik tabular, çiftlerin hatalı inanışlara yönelmesine ve cinsel yaşamlarının olumsuz etkilenmesine zemin hazırlayabilmektedir. Özellikle gebelik ile ilgili korku ve mitler çiftlerin gebelik süresince cinsel ilişkiden uzaklaşmasına neden olmaktadır (4, 13).

Farklı coğrafyalarda gebelikte cinselliğe bakış açısı, o toplumun geleneksel mirasına göre taban tabana zıtlıklar gösterebilir:

Örneğin eski Hindu geleneklerinde, gebeliğin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için cinsel birlikteliğin gerekli olduğuna inanılmış ve bu süreçte düzenli ilişki teşvik edilmiştir.

Yeni Gine'de gebeliğin başlangıcından çocuğun yürümesine kadar olan uzun süreçte cinsel temas tamamen yasaklanırken; İran gibi coğrafyalarda ilişkinin bebekte görme kaybına yol açabileceği veya kız bebeklerin anatomik yapısına zarar vereceği gibi bilimsel dayanağı olmayan kaygılar mevcuttur.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Vietnam ve Filipinler gibi kültürlerde ise cinsel aktivitenin hem anne hem de bebek sağlığını tehlikeye atacağı düşüncesiyle bu dönemde yakınlıktan kaçınılmaktadır (4).

## 7. GEBELİK DÖNEMİNDE CİNSELLİĞE İLİŞKİN HEMŞİRELİK YAKLAŞIMI

Cinsellik, özellikle gelişmekte olan toplumlarda halen bir tabu olarak görüldüğü için bu alanda yaşanan problemler bireylerin yaşam kalitesini ciddi oranda düşürebilmektedir. Gebelik sürecindeki bedensel ve ruhsal değişimler, çiftlerin mevcut cinsel düzenlerini sürdürmelerini zorlaştırabilmekte ve bu durum profesyonel desteği zorunlu kılabilmektedir. Ancak hem danışanların mahremiyet endişesi hem de doktor, hemşire ve ebe gibi sağlık profesyonellerinin konuyu açmaktan çekinmesi, cinsel sağlığın genellikle ihmal edilmesine neden olmaktadır. Çoğu zaman bu konu, ancak ciddi bir sorun ortaya çıktığında gündeme gelmektedir (4).

Hemşireler, gebelik sürecinde cinsel sağlığa dair konuları önceliklendirmeli ve profesyonel bir bakış açısıyla çiftlere danışmanlık hizmeti sunmalıdır. Ancak birçok hemşire, hastanın özel alanına müdahale etme kaygısı, bilgi eksikliği veya kendi değer yargıları nedeniyle konunun çiftler tarafından açılmasını beklemektedir. Yeterli rehberliğin sunulmadığı ortamlarda ise yanlış bilgiler ve batıl inançlar devreye girmekte; kadınlarda cinsel istek azlığı ve ağrılı ilişki, erkeklerde ise sertleşme veya boşalma sorunları gibi fonksiyonel bozukluklar artmaktadır. Bu durum, cinsel aktivite sıklığını ve alınan doyumu azaltarak eşler arasındaki duygusal bağı zayıflatabilmektedir (4).

Bu sorunların aşılabilmesi için gebelerle en sık temas kuran sağlık personeli olan hemşirelerin, etkili bir danışmanlık süreci yürütmesi şarttır. Tıbbi bir engel olmadığı mürece cinsel yaşamın devam edebileceği konusunda çiftler aydınlatılmalıdır. Sağlıklı bir cinsel hayatın eşler arasındaki uyumu ve bağı kuvvetlendirdiği gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu noktada hemşirelerin, cinsel sağlık konusunda kendilerini geliştirmeleri, ek eğitimlerle yetkinlik kazanmaları ve danışanlarının kültürel ve dini hassasiyetlerine karşı duyarlı olmaları gerekmektedir (4).

Danışmanlık sürecinde izlenecek temel yol, çiftleri yargılamadan dinlemek ve kaygılarını ifade etmelerine zemin hazırlamaktır. Cinsel sağlığın genel bakım planıyla bütünleştirilmesi, hemşirenin iletişimini kolaylaştırırken sorunların daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasını sağlar. Bu sistematik yaklaşım sayesinde hemşireler, çiftlerin endişelerini gidererek cinsel yaşam kalitelerinin yükselmesine ve cinsel sağlığın korunmasına doğrudan katkı sunmuş olacaktır (4).

## 8. SONUÇ

Gebelik süreci, bir kadının ve eşinin yaşamında sadece biyolojik bir değişim değil, aynı zamanda derin bir psikososyal dönüşüm evresidir. Bu dönemde cinsel yaşam; hormonal dalgalanmalar, vücut imajındaki başkalaşımlar, kültürel kodlar ve ebeveynlik rolüne geçişin yarattığı kaygılar gibi çok boyutlu faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir. Yapılan incelemeler ve literatür verileri göstermektedir ki; gebeliğin her bir trimesteri cinsel istek ve

fonksiyonlar üzerinde farklı etkiler yaratmakta, özellikle birinci ve üçüncü trimesterlerde cinsel aktivitede belirgin bir azalma yaşanmaktadır.

Cinsellik, sağlıklı bir eş ilişkisinin sürdürülmesinde ve aile bütünlüğünün korunmasında kritik bir role sahip olmasına rağmen; gebelikte bebeğe zarar verme korkusu, annelik rolünün cinsellikle bağdaştırılamaması ve toplumsal mitler gibi nedenlerle sıklıkla ihmal edilen bir alan haline gelmektedir. Özellikle muhafazakâr toplumlarda cinselliğin bir tabu olarak görülmesi, çiftlerin bu süreçte yaşadıkları sorunları dile getirmelerini zorlaştırmakta ve yanlış inanışların gölgesinde cinsel doyumun azalmasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak, gebelik döneminde cinsel sağlığın korunması ve çiftlerin bu sürece uyum sağlaması için profesyonel sağlık danışmanlığı hayati önem taşımaktadır. Hemşireler gebelerin ve eşlerinin cinsel yaşamla ilgili kaygılarını gidermek, onlara bilimsel temelli bilgiler sunmak ve bu dönemin doğal bir parçası olan değişimleri normalize etmekle yükümlüdür. Çiftlerin cinsel yaşamlarındaki uyumun sürdürülmesi, sadece gebelik sürecinin konforunu artırmakla kalmayacak, aynı zamanda doğum sonrası ebeveynlik rollerinin daha sağlıklı benimsenmesine ve güçlü bir aile yapısının temellerinin atılmasına da katkı sağlayacaktır.

## 9. KAYNAKÇA

1. Güneş, Y. ve Dönmez, S., Koku Terapisi: Cinsellik ve Cinsel İşlev Bozukluklarını Hedefleyen Aromaterapinin İncelenmesi, Kadın Sağlığı Hemşireliği Dergisi, 10(1), 52-60, 2024. https://izlik.org/JA88YZ58TB (Erişim tarihi: 10.09.2026)
2. Macleod, A. and McCabe, M. P., Defining sexuality in later life: A systematic review, Australas J Ageing, 39, 6–15, 2020. https://doi.org/10.1111/ajag.12741 (Erişim tarihi: 10.09.2026)
3. Beşen, M. A., Cinsellik ve estetik, Duzce Medical Journal, 16(1), 70-72, 2014.
4. Şahin, E., Gebelik Döneminde Cinsellik, Ebeveynliğe Hazırlık (Ebe ve Hemşireler İçin), Ed. E. Şahin, S. Yazıcı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2022.
5. Kahraman, A., Aytekin, M. Ş. ve Öcalan, D., Gebelikte yaşanan cinsel sorunlar ve güncel ebelik yaklaşımı, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 4(2), 147-155, 2022.
6. Fuchs, A., Czech, I., Sikora, J., Fuchs, P., Lorek, M., Skrzypulec-Plinta, V., Drosdzol-Cop, A., Sexual Functioning in Pregnant Women, International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(21), 4216, 2019. https://doi.org/10.3390/ijerph16214216 (Erişim tarihi: 10.09.2026)

7. Bilge, Ç., Kaydırak, M. M., Öner, Ö. ve Balkaya, N. A., Gebelikte cinsel işlev ve cinsel memnuniyetin değerlendirilmesi, İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, 9(2), 684-693, 2021.

8. Yuvarlan, E. ve Beydağ, K. D., Gebelerin gebelikte cinselliğe karşı tutumu ve etkileyen faktörler, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 6(1), 21-31, 2024.

9. Tokman, E. ve Yılmaz, Z. D. K., Trimesterden trimestere: gebelikte değişen cinsel işlevleri anlamak, KTO Karatay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 4(3), 174-183, 2024.

10. Tunç, R., Gebelikte cinsel aktivite sorunları ve ebelik bakımı, Mediterranean Journal of Health Science and Current Research, 1(1), 47-53, 2023.

11. Leite, C. C., Masochini, R. G., Cunha, A. N., Paese, M. C., Barros, C. R., Jezus, S. V., Cavalcante, P. P., Sexuality in pregnancy: perception of pregnant women in an educational group, Scientific Electronic Archives, 13(4), 76-85, 2020. https://doi.org/10.36560/1342020904 (Erişim tarihi: 10.09.2026)

12. Banaei, M., Azizi, M., Moridi, A. et al., Sexual dysfunction and related factors in pregnancy and postpartum: a systematic review and meta-analysis protocol, Systematic Reviews, 8, 161, 2019. https://doi.org/10.1186/s13643-019-1079-4 (Erişim tarihi: 10.09.2026)

13. Topatan, S. ve Koç, E., Gebelik Döneminde Yaşanan Kadın Cinsel Sıkıntı Durumu ve İlişkili Faktörler, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi, 34(1), 2020.

14. Radoš, S. N., Vraneš, H. S. and Šunjić, M., Limited Role of Body Satisfaction and Body Image Self-Consciousness in Sexual Frequency and Satisfaction in Pregnant Women, The Journal of Sex Research, 51(5), 532–541, 2014. https://doi.org/10.1080/00224499.2012.744954

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MERHAMET YORGUNLUĞU: ONKOLOJİ HEMŞİRELİĞİ ÜZERİNE BİR DERLEME

**Dr. Öğr. Üyesi, Nermin Kılıç Barmanpek**
Bingöl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi İç Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye,
nkilic@bingol.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-3985-0662
**Dr. Öğr. Üyesi, Cihat Demirel**
Muş Alparslan Üniversitesi Varto Gıyasettin Bingöl Meslek Yüksekokulu Tıbbi Hizmetler Ve Teknikler Bölümü İlk ve Acil Yardım Programı, Muş, Türkiye,
cihatdemirel34@gmail.com - https://orcid.org/0000-0001-9556-4666

## ÖZET

Onkoloji hemşireleri, hastaların ağrı, kayıp, tedavi başarısızlığı, ölüm ve yaşam sonu bakım deneyimlerine sürekli tanıklık etmeleri nedeniyle merhamet yorgunluğu açısından yüksek risk altındadır. Bu derlemenin amacı, onkoloji hemşireliğinde merhamet yorgunluğunu güncel literatür doğrultusunda kavramsal özellikleri, ilişkili faktörleri, sonuçları ve önleyici yaklaşımları bakımından incelemektir. Bu amaçla PubMed, Google Scholar, DergiPark, Wiley Online Library, ScienceDirect ve BMC veri tabanlarında Türkçe ve İngilizce anahtar kelimeler kullanılarak tarama yapılmıştır. Son beş yılda yayımlanan özgün araştırmalar, sistematik derlemeler, meta-analizler ve geleneksel derlemeler değerlendirilmiştir. Literatür, merhamet yorgunluğunun tükenmişlik ve ikincil travmatik stresle ilişkili, çok boyutlu ve önlenebilir bir mesleki yaşam kalitesi sorunu olduğunu göstermektedir. Yoğun iş yükü, uzun çalışma saatleri, personel ve kaynak yetersizliği, ölüm ve acı deneyimlerine tekrarlayan biçimde maruz kalma, düşük iş doyumu, sınırlı sosyal destek ve etkisiz başa çıkma stratejileri merhamet yorgunluğu riskini artırmaktadır. Buna karşılık merhamet doyumu, öz yeterlilik, psikolojik dayanıklılık, öz şefkat, güçlü sosyal destek ve olumlu çalışma ortamı merhamet yorgunluğuna karşı koruyucu faktörler olarak öne çıkmaktadır. Merhamet yorgunluğu hemşirelerde fiziksel ve psikolojik belirtilere, empati ve bakım davranışlarında azalmaya, iş doyumsuzluğuna, bakım kalitesi ve hasta güvenliğinde bozulmaya yol açabilmektedir. Sonuç olarak onkoloji hemşirelerinde merhamet yorgunluğunun erken tanınması bireysel başa çıkma, eğitim, akran desteği, danışmanlık ve sağlıklı yaşam girişimlerinin destekleyici örgütsel politikalarla birlikte yürütülmesi gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Merhamet yorgunluğu, hemşirelik, onkoloji hemşireliği, merhamet doyumu, tükenmişlik, mesleki yaşam kalitesi.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# COMPASSION FATIGUE: A REVIEW ON ONCOLOGY NURSING

**Asst. Prof., Nermin Kılıç Barmanpek**

Bingol University Faculty of Health Sciences, Department of Internal Medicine Nursing, Bingöl, Türkiye,

nkilic@bingol.edu.tr - https://orcid.org/0000-0003-3985-0662

**Asst. Prof., Cihat Demirel**

Muş Alparslan University Varto Varto Gıyasettin Bingöl Vocational School Department of Medical Services and Techniques, First Aid and Emergency Program, Muş, Türkiye

cihatdemirel34@gmail.com - https://orcid.org/0000-0001-9556-4666

## ABSTRACT

Oncology nurses are at high risk of compassion fatigue because they are continuously exposed to patients' experiences of pain, loss, treatment failure, death, and end-of-life care. This review aimed to examine compassion fatigue in oncology nursing in terms of its conceptual characteristics, associated factors, consequences, and preventive approaches based on the current literature. For this purpose, PubMed, Google Scholar, DergiPark, Wiley Online Library, ScienceDirect, and BMC were searched using relevant keywords in Turkish and English. Original research articles, systematic reviews, meta-analyses, and narrative reviews published within the past five years were evaluated. The literature indicates that compassion fatigue is a multidimensional and preventable professional quality-of-life problem associated with burnout and secondary traumatic stress. Heavy workloads, long working hours, inadequate staffing and resources, repeated exposure to death and suffering, low job satisfaction, limited social support, and ineffective coping strategies increase the risk of compassion fatigue. In contrast, compassion satisfaction, self-efficacy, psychological resilience, self-compassion, strong social support, and a positive work environment emerge as protective factors against compassion fatigue. Compassion fatigue may lead to physical and psychological symptoms, reduced empathy and caring behaviours, job dissatisfaction, and deterioration in the quality of care and patient safety. In conclusion, the early recognition of compassion fatigue among oncology nurses is essential, and individual coping strategies, education, peer support, counselling, and healthy lifestyle interventions should be implemented alongside supportive organisational policies.

**Keywords:** Compassion fatigue, nursing, oncology nursing, compassion satisfaction, burnout, professional quality of life.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. INTRODUCTION

Healthcare professionals work in environments characterized by high-stakes decision-making and expectations of interpersonal engagement, compassion, and sensitivity (Galiana et al., 2022). At the same time, they experience considerable work-related stress because of the substantial emotional burden associated with caring for patients who are suffering. Among healthcare professionals, nursing is both a highly stressful profession and a caring discipline in which compassion is a core value (Zhang et al., 2022; Nadarajan et al., 2025). Nurses play a central role in healthcare systems, and providing compassionate care is essential to professional nursing practice (Nadarajan et al., 2025). They provide empathetic support to patients with substantial physical, psychological, emotional, and spiritual needs as they cope with pain, loneliness, illness, and even death (Zhang et al., 2022). However, prolonged empathic engagement with patients experiencing pain and suffering may result in considerable emotional and physiological exhaustion (Chen et al., 2025). As a consequence of repeated exposure to highly stressful and emotionally demanding situations, nurses may develop compassion fatigue (Li et al., 2022; Zhang et al., 2022). Compassion fatigue arises from the emotional demands of caregiving and is closely associated with empathy and compassion (Borges et al., 2026).

Empathy and compassion are fundamental to delivering high-quality nursing care (Borges et al., 2026). Empathy is a key element of the nurse–patient relationship, enabling nurses to understand patients' experiences and concerns (Borges et al., 2026; Chen et al., 2025), while compassion motivates them to act to alleviate patients' pain and suffering (Borges et al., 2026). However, when emotional involvement becomes excessive or poorly regulated, it may deplete coping resources and contribute to compassion fatigue (Borges et al., 2026).

Compassion fatigue has emerged as an important occupational stress response worldwide and is increasingly recognized as a critical occupational hazard within the nursing profession (Chen et al., 2025). Among healthcare professionals, the emotional and physical demands of caregiving are particularly intense and may contribute to stress, fatigue, and declining quality of care. These challenges are especially pronounced in oncology settings, where nurses and other healthcare professionals are repeatedly exposed to suffering, loss, and complex treatment processes. In oncology nursing, recurrent exposure to emotionally demanding interactions, patients' suffering, treatment failure, and end-of-life care may contribute to compassion fatigue, a multidimensional phenomenon that can undermine emotional resilience, well-being, and professional quality of life (Borges et al., 2026). Therefore, examining compassion fatigue in oncology nursing is critical to both nurses' personal well-being and professional practice.

This review aimed to comprehensively examine compassion fatigue in oncology nursing from the perspective of the current literature. To this end, we conducted a comprehensive literature search across national and international academic databases and platforms, including PubMed, Google Scholar, DergiPark, Wiley Online Library, ScienceDirect, and BMC. To ensure the inclusion of current evidence, we considered original research articles, meta-analyses, systematic reviews, and narrative reviews published within the previous five years. We conducted the literature search using the Turkish and English equivalents of the keywords "compassion fatigue," "oncology nursing," and "nursing care," searched separately and in combinations relevant to the review's focus. The selected publications were evaluated for

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

methodological rigor and direct relevance to the research question, and the findings pertinent to the review's scope were synthesized.

## 2. COMPASSION FATIGUE AND ITS IMPORTANCE IN NURSING

Compassion is defined as a sympathetic awareness of another person's distress accompanied by a desire to alleviate it (Banks et al., 2024). Person-centered care is grounded in the premise that healthcare cannot be delivered without compassion. Closely associated with protective factors such as self-care, empathy, mindfulness, and competence, compassion is a virtuous response that recognizes and addresses another person's suffering and needs through relational understanding and action. Compassionate qualities are essential not only to patients' well-being but also to healthcare professionals (Galiana et al., 2022). Compassion is therefore both a cornerstone of nursing care and a fundamental element in establishing therapeutic relationships with patients. While compassionate care improves the patient experience, it may also provide nurses with compassion satisfaction, defined as the intrinsic sense of fulfillment and satisfaction derived from helping others (Banks et al., 2024; Banks et al., 2025).

The literature describes compassion fatigue using several closely related conceptualizations. Joinson (1992) first introduced the concept in the healthcare context as a diminished capacity for compassion resulting from repeated exposure to human suffering. It was subsequently conceptualized by Figley (1995) as the adverse psychological consequences of prolonged exposure to the suffering and trauma of those receiving care, reflecting the emotional cost of caregiving. To systematically assess this phenomenon, Stamm (2010) developed the Professional Quality of Life Model (ProQOL), which conceptualizes professional quality of life as a multidimensional construct comprising three distinct but closely interrelated dimensions: compassion satisfaction, burnout, and secondary traumatic stress (Borges et al., 2026; Chen et al., 2026; Gama et al., 2026). Compassion satisfaction represents the positive aspect of caregiving and refers to the pleasure and fulfillment derived from helping others effectively (Borges et al., 2026; Chen et al., 2026). It is considered a desirable outcome of nurse–patient interaction because it provides nurses with a sense of satisfaction from understanding patients' perspectives, offering emotional support, and advocating for their needs (Nadarajan et al., 2025). In contrast, burnout, which may arise from the prolonged demands of responding to others' suffering (Galiana et al., 2022), is a psychological syndrome linked to persistent work-related stress and job dissatisfaction. It is characterized by emotional or physical exhaustion, depersonalization, and a reduced sense of personal accomplishment (Chen et al., 2026; Xie, Chen, Feng et al., 2021) and may diminish professionals' capacity for compassion (Galiana et al., 2022). Secondary traumatic stress, by comparison, results from indirect occupational exposure to the traumatic experiences and distressing situations of others (Banks et al., 2024; Xie, Chen, Feng et al., 2021), particularly through the empathic internalization of patients' traumatic experiences (Chen et al., 2026). Within this framework, compassion satisfaction, described as the psychological reward derived from caring for others, represents the positive dimension of nurses' professional quality of life. In contrast, compassion fatigue, which reflects the adverse consequences of helping individuals experiencing trauma, pain, or suffering, represents its negative dimension (Nadarajan et al., 2025; Sarıbudak & Yalçın, 2025). Accordingly, higher levels of compassion satisfaction may mitigate burnout and secondary

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

traumatic stress, whereas increases in either burnout or secondary traumatic stress are associated with a greater likelihood of compassion fatigue (Chen et al., 2026; Li et al., 2022; Xie, Chen, Feng et al., 2021; Zhang et al., 2022). High compassion satisfaction is therefore regarded as a protective factor against compassion fatigue (Banks et al., 2024), and nurses with higher levels of compassion satisfaction have been reported to be at lower risk of experiencing compassion fatigue (Banks et al., 2024; Nadarajan et al., 2025). These closely intertwined concepts should therefore be considered together when examining compassion fatigue in nursing.

Consistent with the literature, compassion fatigue may be understood as a process in which caregivers empathically share the suffering of those receiving care, gradually depleting their own emotional energy and capacity for engagement (Zhang et al., 2022). Other studies describe compassion fatigue as emotional, physical, and psychological exhaustion and impaired functioning resulting from prolonged exposure to chronic occupational stress and sustained compassion-related demands among healthcare professionals (Borges et al., 2026; Li et al., 2022; Santos et al., 2024; Xie, Chen, Feng et al., 2021; Xie, Wang, Zhang et al., 2021). Galiana et al. (2022) conceptualized compassion fatigue as secondary traumatic stress experienced by healthcare professionals after witnessing patients' suffering (Galiana et al., 2022). Santos et al. (2024), with some modifications to earlier definitions, described compassion fatigue as a preventable state of holistic exhaustion that develops in the absence of appropriate boundaries and self-care practices as a consequence of repeated exposure to others' suffering, sustained compassionate engagement, high levels of stress, and excessive professional self-sacrifice. This state may manifest physically as reduced energy and endurance, emotionally as diminished empathic capacity and emotional exhaustion, and spiritually as feelings of hopelessness or helplessness regarding recovery (Santos et al., 2024). More recent literature has described compassion fatigue as the physical and psychological consequences of prolonged and repeated contact with patients who have experienced trauma, with symptoms including anxiety and feelings of exhaustion (Sohaib & Liqing, 2026). Another recent study characterized compassion fatigue as mental exhaustion resulting from prolonged compassionate engagement (Gama et al., 2026).

Compassion fatigue is a complex phenomenon that can affect nurses, healthcare organizations, and patients (Li et al., 2022). The literature emphasizes that compassion fatigue is an important factor influencing nurses' caring behaviors and may impair their ability to provide humanistic care in clinical practice (Chen et al., 2025). Compared with other healthcare professionals, nurses are more often on the frontline of patient care. They are exposed not only to heavy workloads, rotating shifts, and demanding work environments but also to patients' pain and suffering as part of their daily practice (Li et al., 2022). Consequently, nurses may be at greater risk of compassion fatigue than other healthcare professionals (Li et al., 2022; Xie, Chen, Feng et al., 2021; Zhang et al., 2022). Compassion fatigue among nurses may be conceptualized as the cumulative and progressive internalization of patients' suffering through repeated caring interactions with patients and their families (Zhang et al., 2022). Both the prevalence and severity of compassion fatigue vary considerably among nurses (Chen et al., 2025; Xie, Chen, Feng et al., 2021; Xie, Wang, Zhang et al., 2021; Zhang et al., 2022). Compassion fatigue may

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

also develop abruptly and may lead to emotional exhaustion, frustration, helplessness, and a diminished sense of professional accomplishment, particularly among nurses (Li et al., 2022).
Compassion fatigue, a negative aspect of the professional quality of life, can be facilitated or prevented by various psychosocial factors, such as an individual's personal characteristics, work-related factors, coping strategies, social support, family support, and resilience (Li et al., 2022; Zhang et al., 2022). It is noted that existing studies in the literature have examined the factors influencing compassion fatigue and that positive factors (such as resilience, self-efficacy, and social support) show a negative correlation with compassion fatigue, thereby playing a significant role in its development (Li et al., 2022; Zhang et al., 2022). Among these factors are certain sociodemographic characteristics (such as age, gender, marital status, having children, educational status, income level, presence of chronic illness, lifestyle, and exercise frequency), sleeplessness, the degree of exposure to traumatic events, psychological factors affecting individuals' mental health (such as resilience and self-efficacy), social support, sense of control, meaningful recognition, workplace stress, burnout, income satisfaction, advanced medical technologies, rapid patient turnover and patient density, the complexity of medical care, the work environment, professional title, lack of spiritual awareness, cultural and religious differences, job satisfaction, organizational culture, hospital management practices, and staff and resource adequacy—all influence the severity of compassion fatigue (Borges et al., 2026; Chen et al., 2026; Chen et al., 2025; Gama et al., 2026; Li et al., 2022; Nadarajan et al., 2025; Santos et al., 2024; Xie, Chen, Feng et al., 2021; Xie, Wang, Zhang et al., 2021; Zhang et al., 2022). Severe compassion fatigue, however, impairs nurses' ability to empathize with patients suffering from chronic illnesses, making them insensitive to the patients' emotional needs. This lack of empathy exacerbates nurse-patient conflicts and poses an obstacle to the delivery of high-quality nursing care (Chen et al., 2025; Xie, Chen, Feng et al., 2021).
Compassion fatigue may manifest through physical symptoms such as sleep disturbances, impaired immune function, headache, abdominal pain, diarrhea, and constipation, as well as emotional and psychological problems including emotional exhaustion, irritability, fatigue, social isolation, anxiety, and depression. These symptoms may substantially compromise nurses' mental health, overall well-being, work capacity, and professional performance, thereby increasing the risk of malpractice and adversely affecting the quality of patient care (Banks et al., 2024; Banks et al., 2025; Chen et al., 2025; Li et al., 2022; Santos et al., 2024; Sarıbudak & Yalçın, 2024; Sarıbudak & Yalçın, 2025; Xie, Wang, Zhang et al., 2021; Zhang et al., 2022).
In conclusion, compassion fatigue may have serious consequences not only for nurses but also for patients and healthcare organizations. Beyond physical, emotional, psychosocial, and behavioral symptoms, compassion fatigue may threaten patient safety by contributing to negative feelings toward patients, reduced engagement in patient care, or even patient avoidance. Nurses experiencing compassion fatigue may also have lower job satisfaction, increased sickness absence or leave, and greater intentions to leave the nursing profession, potentially contributing to staffing shortages (Banks et al., 2025; Sarıbudak & Yalçın, 2024; Sarıbudak & Yalçın, 2025; Yaman & Özdelikara, 2023). Given the importance of adequate service provision, staffing, and resources in shaping patient safety culture, the consequences of compassion fatigue for healthcare organizations may be far-reaching (Banks et al., 2025). Therefore, greater attention should be directed toward compassion fatigue in nursing,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

particularly by examining its prevalence and associated factors, to prevent its development and minimize its adverse consequences.

## 3. COMPASSION FATIGUE AND ONCOLOGY NURSING

Compassion is an inherent element of the nursing profession and a moral and spiritual force aimed at alleviating human pain and suffering. Compassionate care is a fundamental characteristic of nursing and emerges when nurses engage with patients and share in the suffering reflected in their behaviors and attitudes (Algamdi, 2022). Nurses are responsible for understanding the responses of patients with cancer and their families, preparing them for physical, emotional, social, cultural, and spiritual challenges, and supporting them throughout these experiences. Advances in cancer treatment, prolonged survival, and the growing number of cancer survivors have increased the need for professional and reliable nursing care for patients with cancer (Sarıbudak & Yalçın, 2025).

Oncology nurses are frequently exposed to emotional stressors because they remain in continuous interaction with patients with cancer and their families throughout the cancer trajectory (Banks et al., 2024; Banks et al., 2025; Sohaib & Liqing, 2026). At the core of oncology nursing is providing empathic care and emotional support alongside the treatment and care patients require. Compassionate care throughout the treatment process can help nurses build therapeutic relationships with patients while also improving the quality of care provided (Banks et al., 2024; Banks et al., 2025). Delivering professional care to patients with cancer throughout a trajectory extending from diagnosis to survivorship or end-of-life care requires compassion; however, the effects of compassionate engagement on oncology nurses are not always positive (Algamdi, 2022; Banks et al., 2024). Compassion is also an emotional resource that may become depleted over time (Sohaib & Liqing, 2026).

As the demand for cancer care increases, nurses caring for patients with cancer are increasingly confronted with stress, burnout, and compassion fatigue. Accordingly, nurses providing cancer care may be particularly vulnerable to compassion fatigue because of prolonged exposure to patients' suffering, intense emotional responses, death and dying, and interactions with bereaved families. These experiences may substantially affect both their well-being and professional performance (Sarıbudak & Yalçın, 2025; Sohaib & Liqing, 2026).

In recent years, compassion fatigue among nurses has received increasing attention because of growing evidence that it may have serious consequences for their physical, psychological, and spiritual health (Xie, Chen, Feng et al., 2021). Empathy, which encompasses both cognitive and emotional domains, is closely related to compassion fatigue. The cognitive component of empathy may help alleviate compassion fatigue, whereas its emotional component may increase healthcare professionals' vulnerability to compassion fatigue (Yu et al., 2021). Compassion fatigue may lead to psychological distress, physical and emotional exhaustion, reduced capacity to express compassion, and a diminished sense of connection to others' suffering (Galiana et al., 2022).

Over time, it can gradually reduce an individual's capacity for compassion or empathy toward another person's suffering. Depending on the severity of compassion fatigue, nurses may become less able to demonstrate empathy or establish compassionate relationships with patients. This may compromise a fundamental element of nursing care and ultimately lead to

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

disengagement and emotional detachment (Banks et al., 2024). A qualitative study reported that oncology nurses experiencing compassion fatigue demonstrated a reduced capacity to provide person-centered care and lower engagement in other work-related activities (Banks et al., 2025). Understanding compassion fatigue and its associated factors is therefore essential for reducing conditions that adversely affect nurses and, consequently, the care they provide (Demirel & Gul, 2026).

Providing continuous care to patients with cancer may require oncology nurses to maintain considerable emotional strength and resilience when confronting difficult and seemingly hopeless situations (Algamdi, 2022; Borges et al., 2026; Gama et al., 2026). During this process, nurses may encounter compassion fatigue as a significant occupational challenge (Banks et al., 2024; Demirel & Gul, 2026). The literature indicates that oncology nurses are particularly vulnerable to and at high risk of compassion fatigue (Banks et al., 2024; Banks et al., 2025; Gama et al., 2026; Sarıbudak & Yalçın, 2024; Sohaib & Liqing, 2026; Xie, Chen, Feng et al., 2021; Xie, Wang, Zhang et al., 2021; Yaman & Özdelikara, 2023; Zhang et al., 2022). From diagnosis through treatment, care, and follow-up, oncology nurses encounter major challenges, including burdensome cancer treatments and the aggressive adverse effects of chemotherapy and radiotherapy, ethical dilemmas, life-threatening diagnoses, severe pain in advanced stages of cancer, patients approaching the end of life, and grief experienced by patients and their families. In the demanding process of interacting with and empathizing with patients, oncology nurses may therefore encounter circumstances that increase their risk of compassion fatigue (Xie, Wang, Zhang et al., 2021).

Oncology nurses may sometimes perceive cancer as a condition for which nothing more can be done for the patient. Questions about whether they should respond differently in such circumstances, or whether patients have a realistic chance of recovery, may trigger or intensify compassion fatigue. Feelings of powerlessness in the face of cancer may further exacerbate compassion fatigue among nurses. In contrast, professional maturity and experience may reduce compassion fatigue by helping nurses recognize that providing high-quality, optimal care can help alleviate patients' suffering (Santos et al., 2024).

The literature suggests that compassion fatigue, closely associated with witnessing and experiencing others' suffering, may be inherent in the work of nurses practicing in oncology settings (Algamdi, 2022; Santos et al., 2024). Compassion fatigue in oncology nurses has also been associated with personal characteristics and living conditions, limited awareness or knowledge of compassion fatigue and its potential consequences, personal and professional experiences related to cancer, nurse–patient interactions, work processes within the oncology setting, and perceptions of meaning and purpose in life. Together, these factors suggest that compassion fatigue may broadly affect the lives of oncology nurses (Santos et al., 2024). Despite the multiple factors associated with compassion fatigue and its numerous adverse consequences, oncology nurses who maintain empathic thinking, altruism, and ethical and professional values continue to provide professional care to their patients (Demirel & Gul, 2026). Recognizing the intrinsic relationship between compassion fatigue and the nature of oncology practice is therefore essential to identifying the unique challenges oncology nurses face, promoting professional satisfaction and quality of care, and informing targeted interventions.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 4. CONCLUSION

Compassion fatigue manifests across the physical, spiritual, social, professional, intellectual, emotional, and psychological dimensions of healthcare professionals' lives. The factors that precipitate or protect against compassion fatigue are multifaceted and may affect both oncology nurses' personal and professional lives. Compassion fatigue directly affects oncology nurses and may also indirectly affect patients through its consequences for care delivery. It should therefore be regarded as an important professional issue in oncology nursing. Accordingly, oncology nurses must protect themselves against compassion fatigue, prevent its development where possible, and manage its effects through individual and/or collective interventions (Santos et al., 2024). In summary, compassionate care has far-reaching effects. Compassionate care may increase patients' satisfaction with the quality of care and contribute to improved clinical outcomes, while also generating positive professional experiences for nurses, such as compassion satisfaction. However, although compassion is rooted in an empathic approach, continuous and repeated exposure to individuals who have experienced trauma or highly stressful events may contribute to compassion fatigue, resulting in both personal and professional exhaustion among nurses and adversely affecting the care provided to patients (Banks et al., 2025). Awareness of compassion fatigue and its symptoms may therefore serve as an important indicator for nurses and function as an early warning mechanism (Yaman & Özdelikara, 2023). In this context, maintaining physical health in complex clinical environments (Zhang et al., 2022), identifying the factors that may influence the onset and progression of compassion fatigue among oncology nurses, and understanding its effects on their personal and professional lives are particularly important (Xie, Wang, Zhang et al., 2021). Sociodemographic characteristics, including age, marital status, parenthood, and educational level, as well as work-related factors such as professional experience, workload, daily working hours, relationships with colleagues, the work environment, and job satisfaction, have been associated with compassion fatigue. In contrast, positive coping strategies, self-compassion, professional identity, and psychological training may reduce burnout and secondary traumatic stress among oncology nurses (Xie, Wang, Zhang et al., 2021). Physical conditions, work-related factors, healthy lifestyle behaviors, social and family support, resilience, self-efficacy, and personal distress are also important factors associated with compassion fatigue among nurses (Zhang et al., 2022). In addition, a work environment in which nurses feel valued and supported plays a critical role in addressing compassion fatigue (Yu et al., 2021).

A supportive and well-managed nursing work environment may enhance professional motivation, reduce burnout, and lower the risk of compassion fatigue. Healthcare administrators should therefore create supportive work environments and implement professional development programs that strengthen self-efficacy and job satisfaction to reduce compassion fatigue among nurses. Health policymakers should address excessive workloads and inadequate support. At the same time, nursing managers should implement targeted interventions that reduce workplace stressors, promote psychological well-being, and improve outcomes for both nurses and patients. Regularly evaluating working conditions and making timely organizational adjustments are also essential to maintaining a healthy work environment (Chen et al., 2025).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Ultimately, understanding the diverse factors associated with compassion fatigue among nurses may guide interventions aimed at improving their professional quality of life (Xie, Wang, Zhang et al., 2021). Health policymakers, nursing managers, and nurse educators should consider culturally and ethically appropriate, targeted strategies to reduce compassion fatigue among oncology nurses (Li et al., 2022). Supporting nurses in achieving and maintaining mental, physical, and spiritual well-being is essential for reducing compassion fatigue, burnout, and intentions to leave the profession, while enhancing compassion satisfaction and self-efficacy. In this regard, workplace interventions such as coping-skills training, targeted educational programs, on-site counseling, group or peer support, and informational sessions, together with activities involving physical exercise and relaxation, should be implemented and participation encouraged (Yu et al., 2021). Such strategies may help mitigate the adverse effects of compassion fatigue by promoting nurses' physical and mental health (Xie, Wang, Zhang et al., 2021).

## REFERENCES

Algamdi M. (2022). Prevalence of oncology nurses' compassion satisfaction and compassion fatigue: systematic review and meta-analysis. Nursing open, 9(1), 44–56. https://doi.org/10.1002/nop2.1070

Banks, J., Lopez, V., Sahay, A., & Cleary, M. (2024). A scoping review of compassion fatigue among oncology nurses caring for adult patients. Cancer nursing, 47(4), E213–E225. https://doi.org/10.1097/NCC.0000000000001226

Banks, J., Lopez, V., Thapa, D. K., Sahay, A., & Cleary, M. (2025). compassion fatigue among Australian oncology nurses caring for adult cancer patients: antecedents, ımpact and mediators. Journal of advanced nursing, 81(9), 5984–5995. https://doi.org/10.1111/jan.16733

Borges, E., Sá, S., & Silva, R. (2026). Predictors of compassion fatigue and Happiness at Work: Insights from oncology professionals using multivariate regression analysis. European journal of oncology nursing : the official journal of European Oncology Nursing Society, 81, 103114. https://doi.org/10.1016/j.ejon.2026.103114

Chen, M., Wei, S., Sun, J., & Zhang, C. (2026). Compassion fatigue and associated factors among palliative care nurses: A systematic review and meta-analysis. Applied nursing research : ANR, 89, 152070. https://doi.org/10.1016/j.apnr.2026.152070

Chen, X., Li, J., Arber, A., Qiao, C., Wu, J., Sun, C., Han, X., Wang, D., Zhu, Z., & Zhou, H. (2025). The impact of the nursing work environment on compassion fatigue: The mediating role of general self-efficacy. International nursing review, 72(2), e13044. https://doi.org/10.1111/inr.13044

Demirel, Z. T., & Gul, S. (2026). The relationship between compassion fatigue and caring behaviors in oncology nurses. Nursing ethics, 33(3), 831–847. https://doi.org/10.1177/09697330251403142

Galiana, L., Sansó, N., Muñoz-Martínez, I., Vidal-Blanco, G., Oliver, A., & Larkin, P. J. (2022). Palliative Care Professionals' Inner Life: Exploring the mediating role of self-compassion in the prediction of compassion satisfaction, compassion fatigue, burnout

and wellbeing. Journal of pain and symptom management, 63(1), 112–123. https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2021.07.004

Gama, B. S., Aguiar, B. F., Bustamante, C. A. C., Picanço, G. S., Birolo, F. B., Anjos, J. P. , Ferreira, S. I. R., & Miranda, F. M. D. (2026). Compassion satisfaction and fatigue in oncology nursing: a scoping review. Acta Paul Enferm, 39, eAPE000051. https://doi.org/10.37689/acta-ape/2026AR000051i

Li, J., Wang, Q., Guan, C., Luo, L., & Hu, X. (2022). Compassion fatigue and compassion satisfaction among Chinese palliative care nurses: A province-wide cross-sectional survey. Journal of nursing management, 30(7), 3060–3073. https://doi.org/10.1111/jonm.13708

Nadarajan, S. S., Chui, P. L., Lee, W. L., & Zaini, N. H. (2025). Factors influencing compassion satisfaction and compassion fatigue among nurses: a study in a tertiary hospital. BMC nursing, 24(1), 93. https://doi.org/10.1186/s12912-025-02736-3

Santos, L. B. P. A. D., Alvarenga, W. A., Leite, A. C. A. B., Neris, R. R., Lima, R. A. G., Montigny, F., Verdon, C., & Nascimento, L. C. (2024). Compassion fatigue: a comprehensive discussion on its development and repercussions among oncology nurses. Seminars in oncology nursing, 40(4), 151655. https://doi.org/10.1016/j.soncn.2024.151655

Sarıbudak, T. P., & Yalçın, B. (2024). Onkoloji-Hematoloji kliniklerinde çalışan sorumlu hemşirelerde merhamet yorgunluğu: bir nitel çalışma. Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi, 11(1), 152-162. DOI: 10.54304/SHYD.2024.21033.

Sarıbudak, T. P., & Yalçın, B. (2025). Missed nursing care in cancer units and ıts relationship with cancer nurses' compassion fatigue, burnout, and compassion satisfaction: a correlational descriptive study. Seminars in oncology nursing, 152117. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.soncn.2025.152117

Sohaib, M., & Liqing, Y. (2026). The effectiveness of mindfulness-based nursing management intervention programme on compassion fatigue, resilience, and social support among oncology nurses: a randomised controlled trial with mediating role of physiological biomarkers. BMC nursing, 25(1), 492. https://doi.org/10.1186/s12912-026-04648-2

Xie, W., Chen, L., Feng, F., Okoli, C. T. C., Tang, P., Zeng, L., Jin, M., Zhang, Y., & Wang, J. (2021). The prevalence of compassion satisfaction and compassion fatigue among nurses: A systematic review and meta-analysis. International journal of nursing studies, 120, 103973. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.103973

Xie, W., Wang, J., Zhang, Y., Zuo, M., Kang, H., Tang, P., Zeng, L., Jin, M., Ni, W., & Ma, C. (2021). The levels, prevalence and related factors of compassion fatigue among oncology nurses: a systematic review and meta-analysis. Journal of clinical nursing, 30(5-6), 615–632. https://doi.org/10.1111/jocn.15565

Yaman, E., & Özdelikara, A. (2023). Onkoloji ve palyatif bakım servisinde çalışan hemşirelerin merhamet yorgunluğunun iş ve yaşam doyumuna etkisi. Journal of Nursology, 26(1), 54-59. https://doi.org/10.5152/JANHS.2023.22155

Yu, H., Qiao, A., & Gui, L. (2021). Predictors of compassion fatigue, burnout, and compassion satisfaction among emergency nurses: A cross-sectional survey. International emergency nursing, 55, 100961. https://doi.org/10.1016/j.ienj.2020.100961

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Zhang, J., Wang, X., Xu, T., Li, J., Li, H., Wu, Y., Li, Y., Chen, Y., & Zhang, J. P. (2022). The effect of resilience and self-efficacy on nurses' compassion fatigue: A cross-sectional study. Journal of advanced nursing, 78(7), 2030–2041. https://doi.org/10.1111/jan.15113

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# COCCIDIOSIS IN CATTLE

**Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ[1], Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN[2]**

[1]Ankara University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Türkiye, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6819-7952
[2]Atatürk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Internal Medicine, Erzurum, Türkiye, fbhanedan@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3873-0124

## ABSTRACT

In cattle, *E. bovis* and *E. zuernii* are the highly pathogenic species. In cattle, severe coccidiosis leads to extensive epithelial damage, hemorrhage, and diphtheritic enteritis in the distal small intestine and throughout the large intestine. *E. alabamensis* is less pathogenic, and its pathogenicity depends on the infectious dose. In addition, infection with a high dose causes redness and villous damage in the distal part of the small intestine. In cattle, *E. bovis* and *E. zuernii*, followed by *E. auburnensis*, *E. ellipsoidalis*, *E. cylindrica*, and *E. alabamensis*, are the most commonly identified species. Clinical disease is primarily associated with the later stages of the life cycle (second merogony and gamogony). Parasite shedding in the feces usually lasts for several days; however, in some calves, it may continue for two weeks or longer. Depending on humidity, temperature, other environmental factors, oocysts may become infective within one week. Sporulated oocysts include 4 sporocysts and each of which contains 2 sporozoites. Under suitable humidity and temperature (-5 °C and -8 °C), oocysts can remain infective for several months, and may even survive throughout the winter. In the context of this study, the etiology, epidemiology, clinical signs and treatment of coccidiosis in cattle were discussed in detail. By extensively reviewing recent scientific literatures, comprehensive information was given on the drugs most commonly used in the treatment of coccidiosis.

**Keywords:** Cattle, coccidiosis, treatment

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SIĞIRLARDA KOKSİDİYOZİS

## ÖZET

Sığırlarda büyük ölçüde patojenik türler *E. bovis* ve *E. zuernii*'dir. Sığırlarda şiddetli koksidiyozis ince bağırsakların distali ve kalın bağırsağın genelinde yoğun epitel tahribatı, kanama ve difterik bağırsak yangısına neden olur. *E. alabamensis,* daha az düzeyde patojeniktir ve patojenitesi enfeksiyonun dozuna bağlıdır, ayrıca yüksek dozda enfeksiyon ince bağırsağın distal kısmında kızarıklık ve villüs tahribatına neden olur. Sığırlarda en fazla *E. bovis, E. zuernii*, takiben, *E. auburnensis, E. ellipsoidalis, E. cylindrica, E. alabamensis* türleri belirlenmiştir. Klinik hastalık başlıca yaşam döngüsünün son aşamalarıyla (2. merogoni ve gamogoni) şekillenir. Dışkıyla parazit saçılması genellikle birkaç gün sürer ancak bazı buzağılarda 2 hafta ya da daha uzun süre devam edebilir. Ookistler; nem, sıcaklık, diğer çevresel faktörlere bağlı olarak 1 hafta içinde enfeksiyon oluşturabilir hale gelebilir. Sporlu ookistler; 4 sporokist ve bunların her biri 2 sporozoit içerir. Uygun nem ve sıcaklık (-5 °C ve -8 °C) koşullarında birkaç ay enfeksiyon yeteneğini korur ve hatta kış mevsiminde de canlı kalabilir. Bu çalışma kapsamında sığırlarda koksidiyozisin etiyoloji, epidemiyoloji, klinik bulgular ve sağaltımı ayrıntılı şekilde ele alındı. Son yıllara ait bilimsel kaynaklar geniş şekilde irdelenerek koksidiyozisin sağaltımında en çok kullanılan ilaçlara yönelik olarak kapsamlı bilgiler verildi.

**Anahtar sözcükler:** Sığır, koksidiyoz, sağaltım

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## Etiyoloji

Sığırlarda, *E. bovis*, *E. zuernii*, *E. auburnensis*, *E. canadensis*, *E. ellipsoidalis*, *E. subspherica*, *E. cylindrica*, *E. alabamensis*, *E. wyomingensis*, *E. bukidnonensis*, *E. brasiliensis* (Rahmeto ve ark., 2008), *E. pellita* (Adinehbeigi, 2018), *E. illinoisensis* (Alayande, 2012), *E. ildefonsoi* (Melo, 2022) dünyada bildirilen *Eimeria* türleridir. Sığırlarda en fazla *E. bovis*, *E. zuernii*, takiben, *E. auburnensis*, *E. ellipsoidalis*, *E. cylindrica*, *E. alabamensis* türleri belirlenmiştir (Shamsi ve ark., 2026).

Sığırlarda büyük ölçüde patojenik türler *E. bovis* ve *E. zuernii*'dir. Sığırlarda şiddetli koksidiyozis ince bağırsakların distali ve kalın bağırsağın genelinde yoğun epitel tahribatı, kanama ve difterik bağırsak yangısına neden olur. *E. alabamensis*, daha az düzeyde patojeniktir ve patojenitesi enfeksiyonun dozuna bağlıdır, ayrıca yüksek dozda enfeksiyon ince bağırsağın distal kısmında kızarıklık ve villüs tahribatına neden olur (Bangoura ve Bardsley, 2020).

## Epidemiyoloji

Enfeksiyonun ılık ve nemli koşullarda en yüksek oranda tespit edildiği bildirilmiştir (Shamsi ve ark., 2026). Sığırlarda *Eimeria* spp. enfeksiyonu büyük ölçüde yaşa bağlıdır (Cornelissen ve ark., 1995). 1 yaşına kadar genç olan hayvanlar genellikle çok duyarlıdır. Erişkin oldukları zaman tekrarlı enfeksiyonlardan sonra genellikle klinik bulgu göstermezler. Genç hayvanlar için enfeksiyon kaynağıdırlar (Matjila ve Penzhorn, 2002). *Eimeria* spp. 3 haftalıktan küçük yaştaki hayvanlarda seyrek görülür, çünkü prepatent süre yaklaşık olarak 15 ile 21 gündür (Jolley ve Bardsley, 2006). 3 haftalık ve 6 aylık yaşta olan buzağılar klinik koksidiyozise özellikle duyarlıdır (Taylor ve Catchpole, 1994).

Sığırlarda *Eimeria* spp. prevalansı dünyada %33.6, 1 yaşından küçük sığırlarda %56.3 (Shamsi ve ark., 2026), Endonezya'da sütçü ve etçi sığırlarda koksidiyozun genel prevalansı %72.07, 6 aylıktan küçüklerde %97, 6-18 aylıklarda %81 ve 18 aylıktan büyüklerde %38 (Hamid ve ark., 2019), Hindistan'da sığırlarda %45.7 (Reshi ve ark., 2024), Nijerya'da sığırlarda %38.91, *E. bovis* (%25.94) ve *E. zuernii* (%23.43) (Ola-Fadunsin ve ark., 2020) oranlarında saptanmıştır.

## Klinik Bulgular

Koksidiyozis özellikle 1 yaşına kadar olan buzağılarda önemli hastalık ve ölüm oranlarına neden olur. Sığırların büyük bir kısmı koksidiya ile enfektedir, ancak sınırlı sayıda sığır klinik bulgular gösterir. Enfeksiyon seyrek olarak 6 aylıktan büyük buzağılarda ya da hatta

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

erişkin sığırlarda meydana gelir. Çoğu sığır subklinik enfektedir ve bu durum önemli ekonomik kayıplar ile sonuçlanır (Sudhakara Reddy ve ark., 2015).

Kanlı mukuslu ishal, kas koordinasyon bozukluğu, körlük, konvulziyon, başın arka tarafa çevrilmesi ve spazmı, sekum, kolon, rektum ve/veya ileumun distal kısmında mukoza kanaması, mukozal kalınlaşma gelişir (Vilatuna ve ark., 2025).

Daha önce enfeksiyona maruz kalmamış buzağıların çok sayıda *E. bovis* ve *E. zuernii* ookistiyle enfeksiyonu şiddetli kanlı ishale neden olabilir. Yüksek ateş, karın ağrısı, bazen ıkınma, anemi, dehidrasyon, halsizlik, canlı ağırlık kaybı ve hatta ölüme neden olabilir. Kanlı ishal bireysel buzağılarda 36 güne kadar devam edebilir (Daugschies ve Najdrowski, 2005).

**Tanı**

Ookistler, geleneksel flotasyon teknikleriyle konsantrasyondan sonra ışık mikroskobuyla dışkıda kolaylıkla bulunur (Daugschies ve Najdrowski, 2005). Birkaç tane sayısal flotasyon yöntemi mevcuttur ve en yaygın şekilde kullanılan metot McMaster sayma tekniğidir. Sığırlarda gram dışkıda 500 ya da daha fazla patojenik *Eimeria* ookisti bireyin sağlığı için önemli bulgular olarak kabul edilir. Az sayıda saptanması sürünün daha fazla izlenmesini gerektirir (Bangoura ve Bardsley, 2020).

**Sağaltım**

Koksidiyoz sağaltımında kullanılan ilaçlar klinik ya da subklinik koksidiyoz sorunu olan çiftlik hayvanlarında çoğunlukla grup sağaltımı olarak uygulanabilir. Sağaltıma yönelik ihtiyacı belirlemek için tanı ölçümleri *Eimeria* ookist sayıları ve *Eimeria* türlerini belirlemeyi kapsar (Daugschies ve Najdrowski, 2005; Bangoura ve Bardsley, 2020).

Koruyucu sağaltım; profilaktik ya da metaflaktik sağaltım olarak gerçekleştirilebilir (Daugschies ve Najdrowski, 2005).

Klinik olarak etkilenen hayvanların izole edilmesi, destekleyici olarak ağızdan ve parenteral sıvı uygulanması, hayvan yoğunluğu fazla ortamlarda popülasyonun azaltılması, yem ve suların zeminden yukarıda verilmesi gerekir. İlaçlı yem ve suların verilmesi yeni hasta olgularını önlemek için yararlı olabilir (Constable ve ark., 2017).

Hayvanlarda koksidiyoza karşı yaygın şekilde kullanılan ilaçlar; amprolyum, dekokuinat, iyonoforlar, triazinler ve sülfonamitlerdir (Bangoura ve ark., 2022).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Kontrol**

Genel olarak koksidiyozisin etkili şekilde kontrolü etkilenen işletmelerden *Eimeria*'nın tam ortadan kaldırılmasına dayanmaz. Enfeksiyonun düşük dozları konak için yararlıdır, çünkü koruyucu steril olmayan bağışıklık geliştirmelerini sağlar ve gelecekteki enfeksiyonlara karşı koruma sağlar (Bangoura ve Bardsley, 2020).

Korunma büyük ölçüde hijyenik önlemler dahil sürü yönetimine dayalıdır, çünkü mevcut bir aşısı bulunmamaktadır (Bangoura ve Bardsley, 2020). Koksidiyozis sürü düzeyinde bir sorundur ve stresle desteklenir. Tesislerin doğrudan doğal güneş ışığı alması çevrede ookistlerin düzeylerini azaltmada yararlı olabilir. Çamaşır suyuyla dezenfeksiyon iç ortamlarda enfeksiyon yoğunluğunu azaltır. Antikoksidiyal korunmanın yaşamın ilk haftalarında başlatılmasına ihtiyaç olabilir (Bangoura ve Bardsley, 2020).

**Kaynaklar**

Adinehbeigi, K., J. Khedri, K. Rahmani, A. Afshari Moghaddam, and H. Hashemi. (2018). Determination and Diversity of Bovine Coccidia in Zabol, East of Iran. *Archives of Razi Institute, 73,* 45–51.

Alayande, M. O., Fabiyi, J. P., Mohammed, A. A., Mahmuda, A., Lawal, M. D., Usman, M., ... &

Argungu, S. L. (2012). Prevalence of *Eimeria* infections in cattle in Sokoto Metropolis. *Nigerian Journal of Parasitology*, *33*(1), v33i1.

Bangoura, B., & Bardsley, K. D. (2020). Ruminant coccidiosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *36*(1), 187-203.

Bangoura, B., Bhuiya, M. A. I., & Kilpatrick, M. (2022). *Eimeria* infections in domestic and wild ruminants with reference to control options in domestic ruminants. *Parasitology Research*, *121*(8), 2207-2232.

Constable, P.D., Hinchcliff, K.W., Done, S.H. and Grunberg, W. (2017). Coccidiosis. Veterinary Medicine. A Textbook of the Diseases of Cattle, Horse, Sheep, Pigs and Goats. 11th Edition, Saunders Elsevier, Missouri, pp. 401-408.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Cornelissen, A. W. C. A., Verstegen, R., van den Brand, H., Perie, N. M., Eysker, M., Lam, T. J. G. M., & Pijpers, A. (1995). An observational study of *Eimeria* species in housed cattle on Dutch dairy farms. *Veterinary Parasitology*, *56*(1-3), 7-16.

Daugschies, A., & Najdrowski, M. (2005). Eimeriosis in cattle: current understanding. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, *52*(10), 417-427.

Hamid, P. H., Kristianingrum, Y. P., & Prastowo, S. (2019). Bovine coccidiosis cases of beef and dairy cattle in Indonesia. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, *17*, 100298.

Jolley, W. R., & Bardsley, K. D. (2006). Ruminant coccidiosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *22*(3), 613-621.

Matjila, P. T., & Penzhorn, B. (2002). Occurrence and diversity of bovine coccidia at three localities in South Africa. *Veterinary Parasitology*, *104*(2), 93-102.

Melo, L. R. B., Sousa, L. C., Lima, B. A., Silva, A. L. P., Lima, E. F., Ferreira, L. C., ... & Vilela, V. L. R. (2022). The diversity of *Eimeria* spp. in cattle in the Brazilian Semiarid region. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, *31*(3), e006422.

Ola-Fadunsin, S. D., Rabiku, M., Hussain, K., Sanda, I. M., & Ganiyu, I. A. (2020). Epidemiological studies of *Eimeria* species of cattle in Ilorin, North-Central Nigeria. *Annals of Parasitology*, *66*(3), 373-384.

Rahmeto, A., W. Abebe, and K. Bersissa. (2008). Epidemiology of Eimeria Infections in Calves in Addis Ababa and Debre Zeit Dairy Farms, Ethiopia. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine* *6*, 24–30.

Reshi, A. A., Bulbul, K. H., Tak, H., Wani, Z. A., Allaie, I. M., & Bhat, A. H. (2024). Genetic diversity and occurrence of *Eimeria* species causing cattle coccidiosis in Kashmir, India. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, *52*, 101056.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Shamsi, L., Pouryousef, A., Mohammadi, M. R., Omidian, M., Badri, M., Nowak, O., & Asghari, A. (2026). *Eimeria* spp. in cattle: A global systematic review and meta-analysis. *Veterinary Medicine and Science*, *12*(3), e70991.

Sudhakara Reddy, B., Sivajothi, S., & Rayulu, V. C. (2015). Clinical coccidiosis in adult cattle. *Journal of Parasitic Diseases*, *39*(3), 557-559.

Taylor, M. A., & Catchpole, J. (1994). Coccidiosis of domestic ruminants. *Applied Parasitology*, *35*(2), 73-86.

Vilatuña, E. J., Cantón, G., Ovelar, M. F., Morrell, E., Lloberas, M. M., & García, J. A. (2025). Bovine coccidiosis: Retrospective study in Central Argentina. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 101410.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ABOMASAL ULCERS IN CATTLE

**Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN[1], Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ[2]**

[1]Atatürk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Internal Medicine, Erzurum, Türkiye, fbhanedan@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3873-0124

[2]Ankara University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Türkiye, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6819-7952

## ABSTRACT

Abomasal ulcers and abomasitis are commonly observed in dairy calves and are of considerable economic importance. Abomasal ulcers are classified as blood loss or not. Non-perforated abomasal ulcers are type 1 and type 2 ulcers, respectively. Superficial mucosal defect accompanied by minimal bleeding in type 1 ulcer, and severe hemorrhage into the lumen in type 2 ulcer occurs. Perforated ulcers associated with localized and diffuse peritonitis are classified as type 3 and type 4 ulcers, respectively. In recent years, abomasal ulcers have been classified into five types. Abomasal perforation into the omental bursa, resulting in omental bursitis, was previously classified as a subtype of type 3 ulcers; however, it is now referred to as a type 5 ulcer. In omental bursitis, pus is present between the two serosal layers of the bursa or within the omental sac. It has been hypothesized that infections resulted from fungus, bacteria, parasite and diseases, contribute to the development of abomasal damage in calves. Predisposing factors for abomasal ulcers include environmental factors (transportation, heat stress, etc.), high milk yield, disease-associated stress (mastitis, metritis, ketosis, etc.), trichobezoars, mineral deficiencies, excessive acidity in the abomasum, overfeeding, and abomasal lymphosarcoma. In the context of this study, the etiology, epidemiology, clinical signs, and treatment of abomasal ulcers in cattle were investigated in detail. Recent scientific sources were extensively reviewed, and comprehensive information was provided on the drugs most commonly used for the treatment of abomasal ulcers.

**Keywords:** Cattle, abomasal ulcer, treatment

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SIĞIRLARDA ABOMAZUM ÜLSERLERİ

## ÖZET

Abomazum ülseri ve abomazum yangısı süt buzağılarında yaygın şekilde görülür ve ekonomik olarak önemlidir. Abomazum ülserleri şiddetli kan kaybı olan ve olmayan şeklinde sınıflandırılır. Perfore olmayan abomazum ülserleri sırasıyla tip 1 ve tip 2 ülserlerdir. Tip 1 ülserde, çok az kanama ile yüzeysel mukozal defekt ve tip 2 ülserde lümen içine yoğun kanama meydana gelir. Lokal ve yaygın periton yangılı perfore ülserler sırasıyla tip 3 ve tip 4 ülserler olarak sınıflandırılır. Son yıllarda abomazum ülserleri 5 tipte sınıflandırılmaktadır. Omental bursitise neden olan omental bursa içine abomazum perforasyonu tip 3 ülserin alt tipi olarak sınıflandırılmıştı, ancak günümüzde tip 5 ülser olarak adlandırılmıştır. Omental bursitiste, bursanın 2 serozal katmanı arasında ya da omental kesede irin görülür. Mantar, bakteri, parazit ve hastalıklardan kaynaklanan enfeksiyonların buzağılarda abomazum hasarının gelişmesine neden olduğu hipotezi kurulmuştur. Abomazum ülserinde predispoze faktörler; çevre (nakil, ısı stresi, vs.), yüksek süt verimi, hastalıklara bağlı stres (meme yangısı, uterus yangısı, ketozis, vs.), trikobezoarlar, mineral eksiklikleri, abomazumda aşırı asitlik, çok yedirme ve abomazum lenfosarkomunu kapsar. Bu çalışma kapsamında sığırların abomazum ülserinin etiyoloji, epidemiyoloji, klinik bulgular ve sağaltımı ayrıntılı şekilde ele alındı. Son yıllara ait bilimsel kaynaklar geniş şekilde irdelenerek sağaltımda en çok kullanılan ilaçlara yönelik olarak kapsamlı bilgiler verildi.

**Anahtar sözcükler:** Sığır, abomazum ülseri, sağaltım

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## Giriş

Abomazum ülseri ve abomazum yangısı süt buzağılarında yaygın şekilde görülür ve ekonomik olarak önemlidir (Braun ve ark., 1991; Marshall, 2009).

Abomazum ülserleri 4 tipte sınıflandırılabilir. Şiddetli kan kaybı olan ve olmayan şeklinde ve perfore olmayan abomazum ülserleri sırasıyla tip 1 ve tip 2 ülserler olarak sınıflandırılır. Tip 1 ülserde, yüzeysel mukozal defekt ve çok az kanama (Munch ve ark., 2019; Braun ve ark., 2020a), tip 2 ülserde ise lümen içine yoğun kanama şekillenir. Lokal ve yaygın periton yangılı perfore ülserler sırasıyla tip 3 ve tip 4 ülserler olarak sınıflandırılır (Marshall, 2009). Son yıllarda abomazum ülserleri 5 tipte sınıflandırılmaktadır (Braun ve ark., 2020b). Omental bursitise neden olan omental bursa içine abomazum perforasyonu tip 3 ülserin alt tipi olarak sınıflandırılmıştı, ancak günümüzde tip 5 ülser olarak adlandırılmıştır. Omental bursitiste, bursanın 2 serozal katmanı arasında ya da omental kesede irin görülür (Braun ve ark., 2020b).

## Etiyoloji

Mantar, bakteri, parazit ve hastalıklardan kaynaklanan enfeksiyonların buzağılarda abomazum hasarının gelişmesine neden olduğu hipotezi kurulmuştur (Moeller ve ark., 2013; Bus ve ark., 2019).

Abomazum ülserinde predispoze faktörler; çevre (nakil, ısı stresi, vs.), yüksek süt verimi, hastalıklara bağlı stres (meme yangısı, uterus yangısı, ketozis, vs.), trikobezoarlar, mineral eksiklikleri, abomazumda aşırı asitlik, çok yedirme ve abomazum lenfosarkomunu kapsar (Marshall, 2009; Niehaus, 2016). Tip 1 abomazal ülserler yaygın şekilde septik hastalıklarla ilgilidir (Braun ve ark., 2020a).

Abomazum yangısında risk faktörleri; fazla süt içirme, soğuk sütle besleme, özefagus tüpüyle içirme, karbonhidratça zengin süt ikame yemleri ve kullanılan ekipmanın hijyenik olmamasıdır (Panciera ve ark., 2007; Marshall, 2009; Burgstaller ve ark., 2017; Simpson ve ark., 2018).

## Epidemiyoloji

Abomazum ülserleri buzağı yetiştirme sistemlerinde önemli sorunlardan birisidir. Buzağılarda sütle beslenme sıklığını artırma ülser sıklığını azaltabilir (Marshall, 2009).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Etçi buzağılarda %0.2-5.7, sağlıklı süt emen buzağılarda %32-76, sağlıklı sütçü sığırlarda %1-2.6, sağlıklı etçi sığırlarda %1.8, besi ünitesindeki sığırlarda %1.6 oranlarında tespit edilmiştir (Marshall, 2009).

**Klinik Bulgular**

Braun ve ark. (2020a) tip 1 abomazum ülseri olan sığırlarda halsizlik, kısmi ya da tam iştahsızlık, skleral damarlarda konjesyon, deri yüzeyinin sıcaklığında azalma, dışkılamada azalma, abdominal kasılma, solunum hızında artış, rumen durgunluğu, diş gıcırdatma, kambur duruş, homurdanma ve kas titremelerini belirlemiştir.

Tip 2 abomazum ülseri kanamalı abomazum ülseri olarak adlandırılır (Braun ve ark., 2019a; Palmer ve Whitlock, 1983). Tip 2 ülserin bulguları; mukozal zarlarda solgunluk, dışkıda kanın varlığı, kalp ve solunum hızında artış, rumen hareketinde azalma, halsizlik ve ani ölüm şeklindedir (Van Immerseel ve ark., 2010; Hussain ve ark., 2023).

Tip 3 abomazal ülserin klinik bulguları iştahsızlık, uyuşukluk, derinin yüzey sıcaklığında azalma, karında kasılma, solunum ve kalp hızında artma, vücut sıcaklığında artma şeklindedir (Braun ve ark., 2019a).

Tip 4 abomazum ülserinde genel periton yangısı ile 24 ile 48 saat içinde ölüm gelişir. (Braun ve ark., 2019c).

**Tanı**

Abomazum ülserlerinin tanısı laparotomi, ölümden sonra patolojik inceleme ile belirlenmektedir (Braun ve ark., 2019a).

**Sağaltım**

Abomazum ülserinin sağaltımında hipovolemik şok ve aneminin düzeltilmesi, ülserin iyileştirilmesi amaçlanır. Yoğun ven içi sıvı sağaltımı; doku perfüzyonu, böbrek fonksiyonu için önemlidir. Kan hematokrit düzeyi %17'nin aşağısına düştüğünde kan nakli gereklidir (Braun ve ark., 2019b).

Ülser sağaltımının, abomazum pH'sını artırma, hidroklorik asit ve pepsin salgısını azaltmaya odaklanması gerekir. H2 reseptör antagonistleri (simetidin, ranitidin) ve proton pompa inhibitörleri (omeprazol, pantoprazol) abomazumda gastrik asit ve pepsin sekresyonunu inhibe eder. Ven içi famotidin kullanılması erişkin sığırlarda abomazumun lümen pH'sını artırmıştır (Braun ve ark., 2019b).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Tip 1 ve tip 2 abomazum ülserlerinin cerrahi sağaltımı endike değildir ve anemik hastalarda kontraendike olabilir. Abomazum ülserlerinde perforasyon varsa cerrahi sağaltım endike olabilir, ancak prognoz sıklıkla kötüdür ve ülserin yeri, boyutu, peritonitisin boyutuna bağlıdır (Mulon ve Desrochers, 2005).

**Kaynaklar**

Braun, U., Bretscher, R., & Gerber, D. (1991). Bleeding abomasal ulcers in dairy cows. *The Veterinary Record, 129*(13), 279-284.

Braun, U., Gerspach, C., Hilbe, M., Devaux, D. J., & Reif, C. (2019a). Clinical and laboratory findings in 60 cows with type-3 abomasal ulcer. *Schweiz Arch Tierheilk, 161*(9), 523-531.

Braun, U., Gerspach, C., Nuss, K., Hässig, M., Hilbe, M., & Reif, C. (2019b). Clinical and laboratory findings, treatment and outcome in 145 cows with type-2 abomasal ulcer. *Research in Veterinary Science, 124*, 366-374.

Braun, U., Reif, C., Nuss, K., Hilbe, M., & Gerspach, C. (2019c). Clinical, laboratory and ultrasonographic findings in 87 cows with type-4 abomasal ulcer. *BMC Veterinary Research, 15*(1), 100.

Braun, U., Gerspach, C., Reif, C., Hilbe, M., & Nuss, K. (2020a). Clinical, laboratory and ultrasonographic findings in 94 cows with type-1 abomasal ulcer. *Schweiz Arch Tierheilk, 162*, 235-244.

Braun, U., Reif, C., Hilbe, M., & Gerspach, C. (2020b). Type-5 abomasal ulcer and omental bursitis in 14 cows. *Acta Veterinaria Scandinavica, 62*(1), 4.

Burgstaller, J., Wittek, T., & Smith, G. W. (2017). Invited review: Abomasal emptying in calves and its potential influence on gastrointestinal disease. *Journal of Dairy Science, 100*(1), 17-35.

Bus, J. D., Stockhofe, N., & Webb, L. E. (2019). Invited review: Abomasal damage in veal calves. *Journal of Dairy Science, 102*(2), 943-960.

Hussain, S. A., Uppal, S. K., Sood, N. K., & Mohindroo, J. (2023). Type 2 abomasal ulceration in cattle and buffalo: energy and lipid metabolic status, clinico-biochemical parameters, treatment, and prognostic indicators. *Tropical Animal Health and Production*, *55*(2), 98.

Marshall, T. S. (2009). Abomasal ulceration and tympany of calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *25*(1), 209-220.

Moeller Jr, R. B., Adaska, J., Reynolds, J., & Blanchard, P. C. (2013). Systemic bovine herpesvirus 1 infections in neonatal dairy calves. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, *25*(1), 136-141.

Mulon, P. Y., & Desrochers, A. (2005). Surgical abdomen of the calf. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *21*(1), 101-132.

Munch, S. L., Nielsen, S. S., Krogh, M. A., & Capion, N. (2019). Prevalence of abomasal lesions in Danish Holstein cows at the time of slaughter. *Journal of Dairy Science*, *102*(6), 5403-5409.

Niehaus, A. J. (2016). Surgical management of abomasal disease. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *32*(3), 629-644.

Palmer, J. E., & Whitlock, R. H. (1983). Bleeding abomasal ulcers in adult dairy cattle. *Journal of American Veterinary Medical Association*, *183*(4), 448-451.

Panciera, R. J., Boileau, M. J., & Step, D. L. (2007). Tympany, acidosis, and mural emphysema of the stomach in calves: report of cases and experimental induction. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, *19*(4), 392-395.

Simpson, K. M., Callan, R. J., & Van Metre, D. C. (2018). Clostridial abomasitis and enteritis in ruminants. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, *34*(1), 155-184.

Van Immerseel, F., Pardon, B., Maes, S., Heyndrickx, M., Timbermont, L., Boyen, F., ... & Deprez, P. (2010). Isolation of a clonal population of *Clostridium perfringens* type A from a

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Belgian Blue calf with abomasal ulceration. *Journal of Comparative Pathology*, *143*(4), 289-293.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# IDENTIFICATION OF AKAP13 POLYMORPHISM IN SOME NATIVE TURKISH GOAT BREEDS

**Res. Asst. Beste GÖNECİ FİDAN**

Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Eskişehir, Türkiye

beste.goneci@ogu.edu.tr · ORCID: 0000-0002-7183-0170

**Assoc. Prof. Dr. Bahar ARGUN KARSLI**

Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Eskişehir, Türkiye

bargun.karsli@ogu.edu.tr · ORCID: 0000-0002-1762-9847

## ABSTRACT

Goat production is an important branch of livestock farming in Türkiye due to the high adaptive capacity of goats to environmental conditions and their contribution to the rural economy. One of the economically important traits in goat production is reproductive performance. In recent years, numerous candidate genes associated with reproductive performance in goats have been identified. Among these, the A-kinase anchoring protein 13 (AKAP13) gene plays an important role in ovarian function and follicular development. A 16-bp insertion/deletion (InDel) polymorphism identified in this gene has been reported to be potentially associated with reproductive performance. Therefore, this study aimed to determine the 16-bp InDel polymorphism in the AKAP13 gene region in Norduz, Angora, and Kilis goats. The study material consisted of DNA samples isolated from blood samples collected from Angora (n = 25), Norduz (n = 28), and Kilis (n = 22) goats reared in Ankara, Van, and Kilis provinces, respectively. The AKAP13 gene region was amplified by Polymerase Chain Reaction (PCR), and the resulting products were analyzed by agarose gel electrophoresis to determine the genotypes. In Angora goats, the frequencies of the II and ID genotypes were calculated as 0.96 (n = 24) and 0.04 (n = 1), respectively. In Norduz goats, the corresponding frequencies were 0.82 (n = 23) and 0.18 (n = 5), whereas in Kilis goats, they were 0.86 (n = 19) and 0.14 (n = 3), respectively. The DD genotype was not observed in any of the populations. The findings indicated that the AKAP13 gene region was polymorphic in the goat populations investigated and that all populations were in Hardy–Weinberg equilibrium. Differences in genotype and allele frequencies were observed among the populations. The molecular data obtained in this study are expected to contribute to the characterization of genetic variation in indigenous goat breeds of Türkiye. Following association analyses of the identified variation in the AKAP13 gene region with phenotypic records related to reproductive performance, it is considered that this variation may be utilized in Marker-Assisted Selection (MAS) programs.

**Keywords:** Goat, AKAP13 gene, prolificacy, InDel

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. INTRODUCTION

The goat (*Capra hircus*) is an important livestock species raised in many regions of the world due to its high adaptability to diverse environmental conditions. It is particularly valuable for utilizing mountainous, rugged, and forested areas where crop production is limited (Daşkıran et al., 2004; Abdel Aziz, 2010). In Türkiye, goats are predominantly raised in small-scale family farms and make a substantial contribution to the rural economy. The country also holds an important position in Europe in terms of goat population (Canon et al., 2006; Demirbaş et al., 2009; FAO, 2021). According to data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK, 2025), Türkiye has approximately 11 million Hair goats and 220,000 Angora goats, highlighting the importance of investigating indigenous goat genetic resources with respect to their productive traits.

One of the economically important traits in goat production is reproductive performance. In particular, increasing litter size is important for maintaining herd continuity and improving the economic efficiency of goat farming enterprises (Koyuncu and Akgün, 2018). However, reproductive performance is a complex trait with low heritability that is influenced by both multiple genes and environmental factors. Therefore, identifying the genetic basis of reproductive performance and the associated candidate genes is important for improving the effectiveness of selection programs. In addition to major genes such as *BMPR1B*, *BMP15*, and *GDF9* in small ruminants, numerous candidate genes associated with reproductive performance have been identified through genomic and molecular genetic studies (Karslı and Balcıoğlu, 2010; Karslı et al., 2012; Wang et al., 2018; Kang et al., 2019; Wang et al., 2020; Zhu et al., 2022; Aboelenin et al., 2022).

One of these candidate genes, A-kinase anchoring protein 13 (AKAP13), is involved in cellular signaling, proliferation, differentiation, and reproductive processes. The reported expression of AKAP13 in tissues of the reproductive system, particularly in the ovary and granulosa cells, supports its potential role in female reproductive physiology (Miller et al., 2000; Costagliola et al., 2005). Indeed, genomic and molecular genetic studies conducted in goats have reported that variations in the *AKAP13* gene may be associated with reproductive performance and growth traits (Mahmoudi et al., 2022; Zhang et al., 2023; Song et al., 2023).

The limited number of studies investigating the genetic basis of the multiple-birth trait in indigenous goat breeds of Türkiye (Demir et al., 2020; Argun Karslı and Demir, 2024) highlights the need for further research aimed at identifying novel genetic variations associated with reproductive performance. Therefore, this study aimed to identify the 16-bp InDel polymorphism in the *AKAP13* gene and to determine the genotype and allele frequencies in Norduz, Angora, and Kilis goats, which represent important indigenous goat genetic resources of Türkiye. The results obtained are expected to contribute to the characterization of the genetic structure of these populations and provide a basis for future studies evaluating the *AKAP13* gene as a potential molecular marker for reproductive performance in goats.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. EXPERIMENTAL STUDIES

### 2.1. Collection of blood samples and DNA isolation

The material of this study consisted of genomic DNA samples isolated from blood samples collected from unrelated Angora (n = 25), Norduz (n = 28), and Kilis (n = 22) goats reared in different farms located in Ankara, Van, and Kilis provinces, respectively. Genomic DNA samples were obtained using the salt precipitation method described by Miller et al. (1988). The success of DNA isolation was assessed by electrophoresis on a 1% agarose gel, and the DNA samples were stored at −20°C until further analysis.

### 2.2. Determination of InDel variants in the AKAP13 gene region

The polymorphism in the *AKAP13* gene, which has been reported to be associated with multiple births in goats, is a 16-bp insertion/deletion (InDel) variant and can therefore be readily determined using the conventional Polymerase Chain Reaction (PCR) method. In the present study, the InDel variation in the *AKAP13* gene was determined using the primer pair reported by Zhang et al. (2023) (Forward primer: 5′-TAAACAAACAGCCCTGAATGAT-3′; Reverse primer: 5′-AACGAAAGTAGGTGCTAAAGGA-3′). For amplification of the target gene region, the PCR reaction mixture was prepared in a total volume of 25 µL. The reaction mixture consisted of 5 µL of template DNA (50 ng/µL), 0.5 µL each of the forward and reverse primers, 8 µL of EcoTech 2X Master Mix, and 11 µL of nuclease-free water. Amplification was performed according to the protocol reported by Wang et al. (2018): an initial denaturation step at 95 °C for 5 min, followed by 35 cycles of denaturation at 94 °C for 30 s, annealing at 60.5 °C for 30 s, and extension at 72 °C for 25 s. A final extension step was performed at 72 °C for 10 min. The resulting amplicon sizes were determined by electrophoresis on a 3.5% agarose gel.

### 2.3. Statistical analyses

Genotype and allele frequencies at the *AKAP13* locus, together with observed heterozygosity (Ho), expected heterozygosity (He), effective number of alleles (Ne), and Hardy–Weinberg equilibrium analyses in the goat breeds examined in this study, were calculated using PopGene Version 1.32 software (Yeh et al., 1997).

## 3. RESULTS AND EVALUATION

The successful completion of DNA isolation (Figure 1) and the PCR procedure (Figure 2) was confirmed by agarose gel electrophoresis. The allele and genotype frequencies obtained from the PCR analysis, along with selected genetic diversity parameters, are summarized in Table 1. The frequency of the I allele at the *AKAP13* gene locus was highest in Angora goats (0.98) and lowest in Norduz goats (0.91). Conversely, the D allele frequency was lowest in Angora goats (0.02) and highest in Norduz goats (0.09). Across all three goat breeds examined, the I allele was found to be predominant, whereas the D allele was relatively rare. Of the three possible genotypes at the *AKAP13* locus, the II and ID genotypes were observed in the populations studied, whereas the DD genotype was not detected. The frequency of the II genotype was

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

highest in Angora goats (0.96), followed by Kilis and Norduz goats, with frequencies of 0.86 and 0.82, respectively. In contrast, the frequency of the ID genotype was lowest in Angora goats (0.04) and highest in Norduz goats (0.18). Observed heterozygosity (Ho) values ranged from 0.040 in Angora goats to 0.178 in Norduz goats, whereas expected heterozygosity (He) values ranged from 0.040 to 0.165, respectively. The Norduz population exhibited the highest Ho and He values, followed by the Kilis population, while the lowest values were observed in the Angora population. The higher Ho values than He values observed in the Norduz and Kilis populations indicate an excess of heterozygosity, whereas Ho and He values were equal in the Angora population. These findings suggest that the level of genetic diversity was highest in the Norduz population and lowest in the Angora population among the populations examined.

The effective number of alleles (Ne) ranged from 1.040 in the Angora population to 1.194 in the Norduz population, with the highest value observed in the Norduz population and the lowest in the Angora population. The Kilis population (Ne = 1.127) had an intermediate value between these two populations. Accordingly, the Ne values obtained indicate that allele frequencies were distributed at different levels among the populations. With respect to Hardy–Weinberg equilibrium, the P-values were greater than 0.05 in the Angora ($\chi^2 = 0.000$; P = 1.000), Norduz ($\chi^2 = 0.211$; P = 0.645), and Kilis ($\chi^2 = 0.076$; P = 0.781) populations. Therefore, none of the populations showed a statistically significant deviation from Hardy–Weinberg equilibrium at the locus examined.

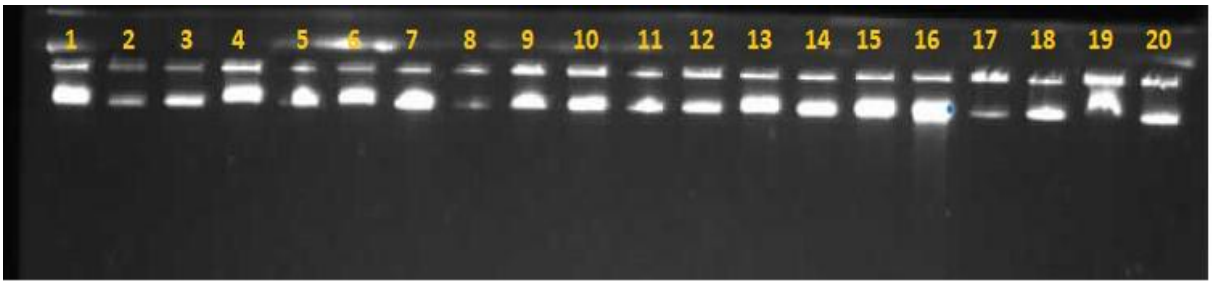



**Figure 1.** Image of agarose gel electrophoresis (1%) showing DNA isolated from 20 randomly selected goats

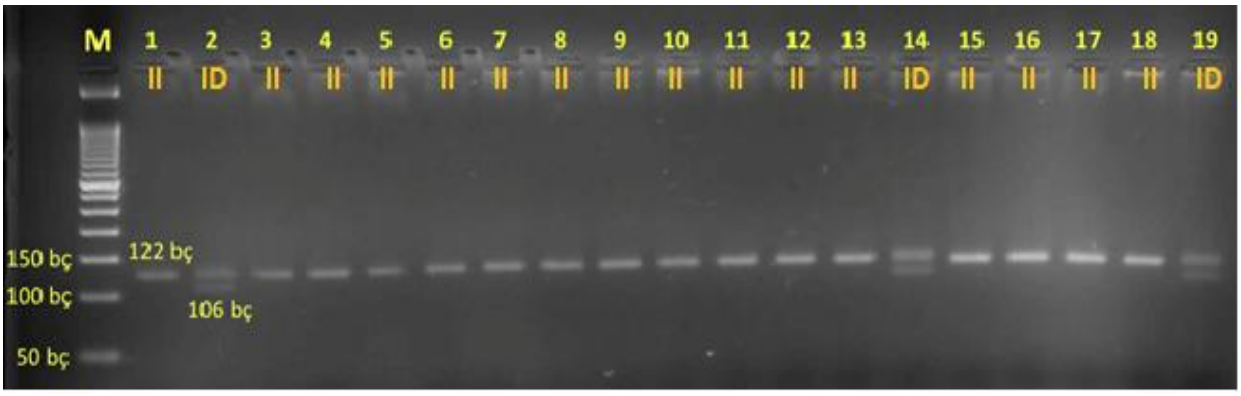



**Figure 2.** 3.5% agarose gel electrophoresis image of PCR products corresponding to the 16 bp InDel polymorphism in the AKAP13 gene

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Table 1.** Gene, genotype frequencies and genetic diversity parameters for the AKAP13 gene region

| | | Allele frequencies | | Genotype frequencies | | Genetic diversity parameters | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Breed | n | I | D | II | ID | $H_o$ | $H_e$ | Ne | $x^2$ | P |
| Tiftik | 25 | 0.98 | 0.02 | 0.96(24) | 0.04(1) | 0.040 | 0.040 | 1.040 | 0.000 | 1.000 |
| Norduz | 28 | 0.91 | 0.09 | 0.82(23) | 0,18(5) | 0.178 | 0.165 | 1.194 | 0.211 | 0.645 |
| Kilis | 22 | 0.93 | 0.07 | 0.86(19) | 0.14(3) | 0.136 | 0.130 | 1.127 | 0.076 | 0.781 |

Ho: Observed heterozygosity; He: Expected heterozygosity; Ne: Effective allele number; $x^2$: Chi-squared value from the Hardy–Weinberg equilibrium test; $P > 0.05$

## 4. GENERAL ASSESSMENT AND CONCLUSIONS

Genetic variations in the *AKAP13* gene have been reported to be associated with economically important traits in goats, including reproductive performance, growth, and body conformation. Mahmoudi et al. (2022) identified *AKAP13* as one of the candidate genes associated with litter size in a GWAS conducted in Markhoz goats. Similarly, Zhang et al. (2023) reported that the ID genotype at a 16-bp InDel locus within the *AKAP13* gene was associated with a higher number of offspring and that the D allele occurred at a higher frequency in groups with high reproductive performance. Song et al. (2023) further demonstrated that InDel and CNV variations within the same gene region may serve as potential molecular markers for growth and reproductive traits. Collectively, these findings indicate that *AKAP13* represents a noteworthy candidate gene for investigating the genetic basis of economically important traits in goats.

In the present study, both the I and D alleles were detected in all three populations, namely Tiftik, Norduz, and Kilis, with I allele frequencies of 0.98, 0.91, and 0.93, respectively, and D allele frequencies of 0.02, 0.09, and 0.07, respectively. The marked predominance of the I allele across all populations is generally consistent with the frequencies reported by Zhang et al. (2023) and Song et al. (2023) in SBWC goats, namely I = 0.884 and D = 0.116. However, the lower frequency of the D allele observed in the populations examined in the present study suggests that this locus may exhibit different allelic distributions among different goat populations. These differences may be attributable to several factors, including the genetic background of the populations, demographic structure, genetic drift, herd management practices, and differences in sampling.

The observation of only II and ID genotypes and the absence of the DD genotype in the studied populations may be attributable to the relatively small sample sizes, which were limited to 25, 28, and 22 individuals in the Tiftik, Norduz, and Kilis populations, respectively. The limited sample size may have particularly reduced the likelihood of detecting low-frequency alleles and genotypes. In contrast, the analysis of more than 400 individuals by Zhang et al. (2023) and Song et al. (2023) increased the probability of detecting rare genotypes. Therefore, larger

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

sample sizes are required to determine the true population frequencies of the D allele and DD genotype more reliably.

For the 16-bp InDel polymorphism in the AKAP13 gene, the observed heterozygosity (Ho) values were determined as 0.040, 0.178, and 0.136 in the Tiftik, Norduz, and Kilis populations, respectively, whereas the expected heterozygosity (He) values were 0.040, 0.165, and 0.130, respectively. The slightly higher observed heterozygosity than expected in the Norduz and Kilis populations, together with the identical Ho and He values in the Tiftik population, suggests that the genotype distribution at this locus is generally characterized by a balanced pattern. However, since the Ho and He values were estimated based on a single InDel locus, caution should be exercised when interpreting these results as representative of the genome-wide genetic diversity of the populations. Indeed, higher heterozygosity values have been reported in indigenous Turkish goat populations based on multiple microsatellite loci (Karslı et al., 2020). Considering the population sizes and geographical distributions of the three populations, the relatively higher observed heterozygosity detected in the Norduz goats is noteworthy. Nevertheless, it should be emphasized that the present study was based on a single locus, and a more comprehensive assessment of genetic diversity would require the analysis of multiple loci, which would provide more reliable estimates of the genetic diversity of these populations.

The number of effective alleles (Ne) was 1.194, 1.127, and 1.040 in the Norduz, Kilis, and Tiftik populations, respectively, indicating that allele frequencies were more evenly distributed in the Norduz population compared with the other populations, whereas in the Tiftik population, the distribution was more strongly skewed toward the I allele. The Ne value of 1.259 reported by Song et al. (2023) and Zhang et al. (2023) further supports the predominance of the I allele at this locus. Regarding Hardy–Weinberg equilibrium (HWE), no significant deviation from equilibrium was detected in any of the three populations [Tiftik: $\chi^2 = 0.000$; $P = 1.000$; Norduz: $\chi^2 = 0.211$; $P = 0.645$; Kilis: $\chi^2 = 0.076$; $P = 0.781$]. The discrepancy between the present findings and those reported by Zhang et al. (2023), who detected a significant deviation from HWE at the same locus in SBWC goats, may be associated with differences in the genetic and demographic characteristics of the populations.

Overall, the present study provides important preliminary data on the distribution of the *AKAP13* 16-bp InDel variation in the indigenous Tiftik, Norduz, and Kilis goat populations of Türkiye. The high frequency of the I allele and the low frequency of the D allele indicate that this locus exhibits a relatively low level of polymorphism in the populations examined. However, the potential effects of the *AKAP13* 16-bp InDel variation on reproductive performance, growth, or body conformation were not directly evaluated in the present study. Therefore, genotype–phenotype association studies conducted in larger sample populations with detailed phenotypic records, together with the investigation of other InDel and CNV variations within the *AKAP13* gene and genome-wide variants, would contribute to a more reliable assessment of the potential of this gene as a functional marker for economically important traits in goats.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## REFERENCES

Abdel Aziz, M. Present status of the world goat populations and their productivity. Lohmann Information, 45(2), 42,52, 2010.

Aboelenin, M. M., Darwish, H. R., Eshak, M. G., & Farag, I. M. Association of Genetic Polymorphisms of POU1F1 Gene on Twin Production in Egyptian Sheep and Goats, Jordan Journal of Biological Sciences, 15(5), 2022.

Argun Karslı, B. ve Demir, E. Kıl, Honamlı ve Kabakulak Keçilerinde Üremeyle İlişkili CSN1S1 ve CMTM2 Genlerinin InDel Varyantlarının Tanımlanması, Türkiye Tarım - Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, 12 (9), 1577,1582, 2024.

Canon, J.,Garcia, D., Garcia-Atance, M.A.,Obexer-Ruff, G., Lenstra, J.A., Ajmone-Marsan, P., Dunner, S., ECOGENE Consortium, Geographical partitioning of goat diversity in Europe and the Middle East, Animal Genetics, 37,327,334, 2006..

Cerione, R.A., Zheng, Y. The Dbl family of oncogenes, Current Opinion Cell Biology, 8(2), 216,222, 1996.

Chen, W., Han, Y., Chen, Y., Liu, X., Liang, H., Wang, C., & Khan, M. Z. Potential candidate genes associated with litter size in goats: a review. Animals, 15(1), 82, 2005.

Costagliola, S., Urizar, E., Mendive, F., Vassart, G. Specificity and promiscuity of gonadotropin receptors, Reproduction, 130(3),275,281, 2005.

Daşkıran, İ., Yılmaz, A., Çetin, A.Ö. *Norduz keçisi yetiştiriciliği ve bazı tanımlayıcı vücut ölçüleri*, 4 Ulusal Zootekni Kongresi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2004.

Demir, E., Karslı, B. A., Karslı, T., & Balcioğlu, M. S. Determination of SacII and MboII polymorphisms in the Nerve Growth Factor (NGF) gene in four native Turkish goat populations, Mediterranean Agricultural Sciences, 33, 145,148. 2020.

Demir, E. Microsatellite-based bottleneck analysis and migration events among four native Turkish goat breeds, Archives Animal Breeding, 67(3), 353,360, 2024.

Demirbaş, N., Tosun, D., Taşkın, T. AB üyesi kimi Akdeniz ülkeleri ve Türkiye'de koyun-keçi üretim ve dış ticareti, Hayvansal Üretim, 50(1), 45,53, 2009.

Han, M., Wang, X., Du, H., Cao, Y., Zhao, Z., Niu, S., ... & Zhang, Y. Genome-wide association study identifies candidate genes affecting body conformation traits of Zhongwei goat, BMC genomics, 26(1), 37, 2025

Kang, Z., Zhang, S., He, L., Zhu, H., Wang, Z., Yan, H., ... & Pan, C. A 14-bp functional deletion within the CMTM2 gene is significantly associated with litter size in goat, Theriogenology, 139, 49,57, 2019.

Karslı, T., Balcıoğlu, M. S. An investigation of presence of FecB allele on BMPR-IB (Booroola) gene raised in Turkey in six local sheep breeds using PCR-RFLP method, Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16(6), 1033,1036, 2010.

Karslı, T., Şahin, E., Karsli, B. A., Alkan, S., Balcıoğlu, M. S. An investigation of mutations (FecXG, FecXI, FecXH, FecXB) on BMP-15 gene in some local sheep breeds raised in Turkey, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1), 29,33, 2012.

Karsli, T., Demir, E., Fidan, H. G., Aslan, M., Karsli, B. A., Arik, I. Z., ... & Balcioglu, M. S. Determination of genetic variability, population structure and genetic differentiation of indigenous Turkish goat breeds based on SSR loci, Small Ruminant Research, 190, 106147, 2020.

Koyuncu, M., Akgün, H. Ekstansif yetiştirme koşullarındaki Kıvırcık koyunlarında bazı döl verimi özellikleri, Hayvansal Üretim, 59(1), 33,40, 2018.

Mahmoudi, P., Rashidi, A., Nazari-Ghadikolaei, A., Rostamzadeh, J., Razmkabir, M., & Huson, H. J. Genome-wide association study reveals novel candidate genes for litter size in Markhoz goats, Frontiers in Veterinary Science, 9, 1045589, 2022.

Miller, S., Dykes, D., Plesky, H.A. Simple Salting out Procedure for Extracting DNA from Human Cells, Nucleic Acids Research, 16, 1215, 1988.

Miller, B.T., Rubino, D.M., Driggers, P.H., et al. Expression of brx proto-oncogene in normal ovary and in epithelial ovarian neoplasms, American Journal of Obstetrics Gynecology, 182(2), 286,295, 2000.

Minden, A., Lin, A., Claret, F.X., Abo, A., Karin, M. Selective activation of the JNK signaling cascade and c-Jun transcriptional activity by the small GTPases Rac and Cdc42Hs, Cell, 81(7), 1147,1157, 1995.

Öner, Y., Elmacı, C. Keçilerde süt proteinleri polimorfizmi, Hayvansal Üretim, 48(2), 49,54, 2007.

Sasi, R., Kanakkaparambil, R., & Thazhathuveettil, A. Polymorphism of fecundity genes, BMPR1B, BMP15 and GDF9, in tropical goat breeds of Kerala, Gene Reports, 21, 100944, 2020.

Song, X., Li, J., Fei, P., Zhang, X., Pan, C., Chen, H., ... & Lan, X. Polymorphisms within the boule gene detected by tetra-primer amplification refractory mutation system PCR (t-arms-pcr) are significantly associated with goat litter size, Animals, 9(11), 910, 2019.

Song, X., Bai, Y., Yuan, R., Zhu, H., Lan, X. ve Qu, L. Keçilerde Büyüme Özellikleriyle Güçlü İlişkileri Ortaya Çıkaran AKAP13 Genindeki InDel ve CNV, Animals, 13(17), 2746, 2023.

TUİK 2025, Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Tablolar, Hayvansal Üretim İstatistikleri, Tür ve ırklarına göre hayvan sayıları, Aralık 2024, Haziran 2025 https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvancilik-Istatistikleri-Haziran-2025-53936&utm_source. Erişim tarihi: 29.10.2025

Wang, K., Yan, H., Xu, H., Yang, Q., Zhang, S., Pan, C., ... & Lan, X. A novel indel within goat casein alpha S1 gene is significantly associated with litter size, Gene, 671, 161,169, 2018.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Wang, K., Kang, Z., Jiang, E., Yan, H., Zhu, H., Liu, J., ... & Pan, C. Genetic effects of DSCAML1 identified in genome-wide association study revealing strong associations with litter size and semen quality in goat (*Capra hircus*), Theriogenology, 146, 20,25, 2020.

Wang, K., Liu, X., Qi, T., Hui, Y., Yan, H., Qu, L., ... & Pan, C. Whole-genome sequencing to identify candidate genes for litter size and to uncover the variant function in goats (*Capra hircus*), Genomics, 113(1), 142,150, 2021.

Yeh, F.C., Yang, R.C., Boyle, T.B.J., Ye, Z.H., Mao. J.X. POPGENE, The user-friendly shareware for population genetic analysis. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Canada, 1997.

Zhang, X., Yuan, R., Bai, Y., Yang, Y., Song, X., Lan, X. ve Pan, C. A deletion mutation within the goat AKAP13 gene is significantly associated with litter size, Animal Biotechnology, 34 (2), 350,356, 2023.

Zhu, M., Zhang, H., Yang, H., Zhao, Z., Blair, H. T., Zhai, M., ... & Xie, M. Polymorphisms and association of GRM1, GNAQ and HCRTR1 genes with seasonal reproduction and litter size in three sheep breeds, Reproduction in Domestic Animals, 57(5), 532,540, 2022.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ANKARA İLİNDE YETİŞTİRİLEN AKKARAMAN KOYUNLARINDA BAZI DÖL VERİMİ ÖLÇÜTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

## EVALUATION OF SELECTED REPRODUCTIVE PERFORMANCE PARAMETERS IN AKKARAMAN SHEEP RAISED UNDER ANKARA CONDITIONS

**Sedat BEHREM[1], Yunus ARZIK[2]**

[1]Aksaray University, Veterinary Faculty, Department of Animal Science, Aksaray, Türkiye.

ORCİD 0000-0002-7351-1229

sedatbehrem@aksaray.edu.tr, +905079421417

[2]Aksaray University, Veterinary Faculty, Department of Animal Science, Aksaray, Türkiye.

ORCİD 0000-0002-3068-8155

yunusarzık@aksaray.edu.tr, +90534244360

## Özet

Bu çalışmada, Ankara ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarında bazı döl verimi ölçütlerinin belirlenmesi ve yıllara göre değişiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma materyalini 2018–2021 yılları arasında Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Projesi kapsamında yetiştirilen Akkaraman koyunlarına ait sürü kayıtları oluşturmuştur. Çalışmada koç sayısı, koç altı koyun sayısı, doğuran koyun sayısı, doğan kuzu sayısı, sütten kesilen kuzu sayısı ile yavrulama oranı (YO), koç altı koyun başına doğan kuzu sayısı (KAKB-DKS), koç altı koyun başına sütten kesilen kuzu sayısı (KAKB-SKKS), doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı (DKB-DKS), doğuran koyun başına sütten kesilen kuzu sayısı (DKB-SKKS) ve yaşama gücü (YG) değerleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre doğuran koyun sayısı 2018 yılında 4663 baş iken 2021 yılında 3575 başa düşmüş, buna paralel olarak yavrulama oranı 0,85'ten 0,68'e gerilemiştir. Koç altı koyun başına doğan kuzu sayısı 0,89–0,97 arasında değişirken, doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı yıllar itibarıyla artış göstererek 1,15'ten 1,30'a yükselmiştir. Sütten kesilen kuzu sayısı ve yaşama gücü değerlerinde yıllara bağlı dalgalanmalar gözlenmiş olup yaşama gücü %77,99–%91,21 arasında belirlenmiştir. En düşük yaşama gücü değeri 2020 yılında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Ankara koşullarında yetiştirilen Akkaraman koyunlarında döl verimi özelliklerinin yıllara bağlı olarak değişim gösterdiği, özellikle yavrulama oranı ve kuzu yaşama gücünün sürü yönetimi ve çevresel faktörlerden etkilenebileceği belirlenmiştir. Elde edilen bulguların Akkaraman koyunlarında yürütülecek ıslah programlarına ve yetiştirici koşullarında verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akkaraman koyunu, döl verimi, yavrulama oranı, yaşama gücü, Ankara

## ABSTRACT

This study aimed to determine and evaluate some reproductive performance traits of Akkaraman sheep raised under Ankara conditions and to assess their variation across years. The animal material consisted of flock records belonging to Akkaraman sheep raised within the scope of the National Community-Based Small Ruminant Breeding Program between 2018 and

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

2021. The number of rams, number of ewes exposed to rams, number of lambing ewes, number of lambs born, and number of lambs weaned were examined. In addition, lambing rate (LR), number of lambs born per ewe exposed to ram (LB/EER), number of weaned lambs per ewe exposed to ram (WL/EER), number of lambs born per lambing ewe (LB/LE), number of weaned lambs per lambing ewe (WL/LE), and survival rate (SR) were evaluated. According to the results, the number of lambing ewes decreased from 4,663 head in 2018 to 3,575 head in 2021, while the lambing rate declined from 0.85 to 0.68 during the study period. The number of lambs born per ewe exposed to ram ranged between 0.89 and 0.97, whereas the number of lambs born per lambing ewe showed an increasing trend from 1.15 to 1.30 over the years. Fluctuations were observed in the number of weaned lambs and survival rate values, with survival rates varying between 77.99% and 91.21%, and the lowest value recorded in 2020. In conclusion, reproductive performance traits of Akkaraman sheep raised under Ankara conditions showed year-to-year variation, and lambing rate and lamb survival were notably influenced by management practices and environmental factors. The findings are expected to contribute to breeding programs and to improving productivity under breeder conditions.

**Keywords:** Akkaraman sheep, reproductive performance, lambing rate, survival rate, Ankara

## GİRİŞ

Koyunculuk, sahip olduğu çok yönlü üretim özellikleri, yüksek adaptasyon kabiliyeti ve düşük girdi gereksinimi nedeniyle dünya genelinde sürdürülebilir hayvansal üretim sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Koyunlar; et, süt, yapağı ve deri üretiminin yanı sıra kırsal kalkınmaya sağladıkları katkı ve küçük ölçekli aile işletmeleri için önemli bir gelir kaynağı olmaları bakımından hayvansal üretimde stratejik bir konuma sahiptir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde düşük kaliteli meralardan yararlanabilme yetenekleri, koyunculuğu diğer hayvancılık faaliyetlerine göre daha avantajlı hale getirmektedir (Kaymakçı & Sönmez, 1996; Joy et al., 2020). Küçükbaş hayvancılık aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerde hayvansal protein arzının sürdürülebilirliği ve kırsal yaşamın devamlılığı açısından kritik rol oynamaktadır (Mesele & Hadgu, 2024).

Türkiye, sahip olduğu ekolojik çeşitlilik ve geniş mera alanları sayesinde küçükbaş hayvancılık açısından önemli üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre küçükbaş hayvan varlığı son yıllarda önemli bir artış göstermiş olup toplam küçükbaş hayvan sayısı 2016 yılında yaklaşık 41,3 milyon baş iken 2025 yılında 57,9 milyon başa ulaşmıştır. Aynı dönemde koyun sayısı %5,9 artarak 46,7 milyon başa, keçi sayısı ise %3,4 artışla yaklaşık 11,2 milyon başa yükselmiştir. Türkiye'de küçükbaş hayvan varlığının büyük bölümünü yerli koyun ırkları oluşturmakta, Merinos ve melez genotipler ise daha sınırlı bir paya sahip bulunmaktadır. Yerli genotiplerin yaygınlığı, özellikle zorlu çevre koşullarına dayanıklılıkları ve düşük bakım-besleme gereksinimleri ile ilişkilendirilmektedir. Küçükbaş hayvancılığın ekonomik önemini ortaya koyan önemli göstergelerden biri de lif üretimidir. Nitekim 2016–2025 yılları arasında yapağı üretimi yaklaşık 58 bin tondan 89 bin tona yükselmiş, kıl ve tiftik üretiminde ise yıllara bağlı dalgalanmalara rağmen genel üretim düzeyi korunmuştur. Bu veriler, küçükbaş yetiştiriciliğinin Türkiye'de yalnızca et üretimi açısından değil aynı zamanda tekstil hammaddesi üretimi bakımından da stratejik önemini sürdürdüğünü göstermektedir (TÜİK, 2025).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Türkiye'de yetiştirilen yerli koyun ırkları içerisinde Akkaraman koyunu, geniş yayılış alanı, düşük kaliteli meralardan yararlanabilme yeteneği ve Orta Anadolu'nun sert iklim koşullarına dayanıklılığı nedeniyle öne çıkmaktadır. Yağlı kuyruklu yerli koyun ırkları arasında önemli bir popülasyon payına sahip olan Akkaraman koyunu, özellikle Orta Anadolu Bölgesi'nde kırsal üretim sistemlerinin temel genetik materyalini oluşturmaktadır (Şirin et al., 2017). Artan nüfus ve hayvansal protein talebi karşısında sürdürülebilir üretimin sağlanabilmesi için yerli ırkların verim özelliklerinin belirlenmesi ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır (Yardımcı & Özbeyaz, 2001).

Koyunculuk işletmelerinde verimliliğin artırılmasında döl verimi özellikleri temel belirleyiciler arasında yer almaktadır. Yavrulama oranı, doğuran koyun başına kuzu sayısı, sütten kesim başarısı ve kuzu yaşama gücü gibi parametreler sürü kârlılığını doğrudan etkileyen başlıca üretim göstergeleridir. Küçükbaş hayvan ıslah çalışmalarında etkin seleksiyon programlarının oluşturulabilmesi için üretim performansının yetiştirildiği çevre koşulları altında belirlenmesi gerekmektedir (Sönmez et al., 2009). Türkiye'de yürütülen Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Projesi, yerli ırkların performans kayıtlarının tutulması ve genetik ilerlemenin sağlanması açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Ankara ilinde yürütülen Akkaraman halk elinde ıslah çalışmaları kapsamında sürü performans kayıtlarının düzenli olarak tutulması, bölgesel üretim düzeyinin ortaya konmasına olanak sağlamaktadır. Ancak yetiştirici koşullarında döl verimi göstergelerinin yıllara bağlı değişiminin ayrıntılı olarak değerlendirilmesine yönelik çalışmalar sınırlı düzeydedir. Bu nedenle sunulan çalışmada, Ankara ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarında bazı döl verimi ölçütlerinin belirlenmesi ve yıllara göre değişiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Araştırma Alanı ve Hayvan Materyali

Bu çalışma, Ankara ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarına ait döl verimi kayıtlarının değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma materyalini, Türkiye Ulusal Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islah Projesi kapsamında yetiştiriciliği yapılan Akkaraman koyunlarına ait 2018–2021 yılları arasındaki sürü kayıtları oluşturmuştur. Çalışma kapsamında toplam koç sayısı, koç altı koyun sayısı, doğuran koyun sayısı, doğan kuzu sayısı ve sütten kesimdeki kuzu sayısına ilişkin yıllık veriler kullanılmıştır. Araştırma Ankara ilinde (39°55′ kuzey enlemi, 32°50′ doğu boylamı) yürütülmüş olup bölge Orta Anadolu'nun kuzeybatısında yer almaktadır. Ankara'da karasal step iklimi hâkimdir; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Yetiştiricilik sistemi yarı entansif özellik göstermekte olup koyunlar ilkbahar ve yaz dönemlerinde meraya dayalı olarak yetiştirilmiş, kış döneminde ise barınaklarda kaba yem (yonca, saman ve fiğ) ile beslenmiş ve ortalama 0.5–0.7 kg/gün kesif yem takviyesi uygulanmıştır. Kuzular doğumdan sonra analarıyla birlikte yetiştirilmiş ve yaklaşık 90 günlük yaşta sütten kesilmiştir. Sütten kesim sonrası erkek kuzular besiye alınırken dişi kuzular sürü yenileme amacıyla yetiştirilmeye devam edilmiştir.

### Döl Verim Özellikleri ve Hesaplamalar

Yetiştiriciler koç katımı, gebelik, doğum ve sütten kesim dönemlerinde tutulacak kayıtlar konusunda bilgilendirilmiş ve tüm veriler sürü kayıt sisteminden elde edilmiştir. Döl verim

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

özelliklerinin hesaplanmasında Özcan (1989)'da bildirilen yöntem ve formüllerden yararlanılmıştır.

**Yavrulama Oranı (YO):**
YO = DKS / KAKS

**Koç Altı Koyun Başına Doğan Kuzu Sayısı (KAKB-DKS):**
KAKB-DKS = KS / KAKS

**Koç Altı Koyun Başına Sütten Kesilen Kuzu Sayısı (KAKB-SKKS):**
KAKB-SKKS = SKKS / KAKS

**Doğuran Koyun Başına Doğan Kuzu Sayısı (DKB-DKS):**
DKB-DKS = KS / DKS

**Doğuran Koyun Başına Sütten Kesilen Kuzu Sayısı (DKB-SKKS):**
DKB-SKKS = SKKS / DKS

**Yaşama Gücü (YG, %):**
YG = (SKKS / KS) × 100

**İstatistiksel Değerlendirme**

Araştırmada elde edilen döl verimi parametrelerine ait veriler yıllara göre tanımlayıcı istatistikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Analizlerde yıllık değişimler karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuçlar tablo halinde sunulmuştur.

## BULGULAR

Araştırmada Ankara ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarına ait 2018–2021 yılları arasındaki döl verimi ölçütleri Tablo 1'te verilmiştir. İncelenen yıllar arasında sürü büyüklüğü, yavrulama performansı ve kuzu yaşama gücü bakımından belirgin değişimler gözlenmiştir.

Çalışma döneminde koç sayısı 2018–2020 yıllarında 273 baş olarak sabit kalırken, 2021 yılında 253 başa düşmüştür. Koç altı koyun sayısı ise 2018–2020 yıllarında 5500 baş iken 2021 yılında 5227 baş olarak gerçekleşmiştir. Buna paralel olarak doğuran koyun sayısının yıllar itibarıyla azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim doğuran koyun sayısı 2018 yılında 4663 baş iken, 2019 yılında 4366 başa, 2020 yılında 4270 başa ve 2021 yılında 3575 başa gerilemiştir.

**Tablo:1** Akkaraman koyunlarında bazı döl verimi ölçütlerine ait tanımlayıcı istatistikler

| YIL | KOÇ SAYISI | KOÇALTI KOYUNSAYISI | DOĞURAN KOYUN SAYISI | DOĞAN KUZU SAYISI | SÜTTEN KESİMDE KUZUSAYISI | YO (Yavrulama Oranı) | KAKB DKS (Yavru Verimi) ( Koç Altı Koyun Başına Doğan Kuzu Sayısı) | KAKB SKKS (Koç Altı Koyun Başına Sütten Kesimde Kuzu Sayısı) | DKB DKS (Doğum Başına Düşen Yavru Sayısı) | DKB SKKS (Doğuran Koyun Başına Sütten Kesimde Kuzu Sayısı) | YG (Yaşama Gücü) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2018** | 273 | 5500 | 4663 | 5341 | 4872 | 0,85 | 0,97 | 0,89 | 1,15 | 1,04 | 91,21 |
| **2019** | 273 | 5500 | 4366 | 4952 | 4390 | 0,79 | 0,90 | 0,80 | 1,13 | 1,01 | 88,65 |
| **2020** | 273 | 5500 | 4270 | 5107 | 3983 | 0,78 | 0,93 | 0,72 | 1,20 | 0,93 | 77,99 |
| **2021** | 253 | 5227 | 3575 | 4634 | 3974 | 0,68 | 0,89 | 0,76 | 1,30 | 1,11 | 85,75 |

Doğan kuzu sayısı bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek değer 2018 yılında 5341 baş olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 2020 yılı (5107 baş), 2019 yılı (4952 baş) ve 2021 yılı

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

(4634 baş) izlemiştir. Sütten kesimdeki kuzu sayısı ise 2018 yılında 4872 baş ile en yüksek düzeyde gerçekleşmiş, sonraki yıllarda azalma göstermiş ve 2020 yılında 3983 baş ile en düşük seviyeye ulaşmıştır. 2021 yılında ise sütten kesilen kuzu sayısında sınırlı bir artış gözlenerek 3974 baş olarak kaydedilmiştir. Yavrulama oranı (YO) bakımından yıllar arasında düşüş eğilimi dikkat çekmiştir. Yavrulama oranı 2018 yılında 0,85 iken, 2019 yılında 0,79'a, 2020 yılında 0,78'e ve 2021 yılında 0,68'e gerilemiştir. Bu durum, koç altı koyunların doğuma katılım oranında zamanla azalma meydana geldiğini göstermektedir.

Koç altı koyun başına doğan kuzu sayısını ifade eden KAKB-DKS değeri 2018 yılında 0,97 olarak belirlenmiş, 2019 yılında 0,90'a düşmüş, 2020 yılında 0,93'e yükselmiş ve 2021 yılında yeniden azalarak 0,89 olmuştur. Koç altı koyun başına sütten kesilen kuzu sayısı (KAKB-SKKS) ise 2018 yılında 0,89 ile en yüksek değeri göstermiş, 2020 yılında 0,72 ile en düşük seviyeye gerilemiş ve 2021 yılında 0,76 olarak hesaplanmıştır. Doğuran koyun başına düşen kuzu sayısı (DKB-DKS) incelendiğinde yıllar itibarıyla artış eğilimi görülmüştür. Bu değer 2018 yılında 1,15 iken 2019 yılında 1,13'e hafif düşüş göstermiş, 2020 yılında 1,20'ye ve 2021 yılında 1,30'a yükselmiştir. Bu sonuç, doğuran koyunlarda çoğuz doğum oranının zamanla arttığını göstermektedir.

Doğuran koyun başına sütten kesilen kuzu sayısı (DKB-SKKS) 2018 yılında 1,04 olarak belirlenmiş, 2019 yılında 1,01'e düşmüş, 2020 yılında 0,93 ile en düşük değeri göstermiş ve 2021 yılında 1,11'e yükselerek çalışma döneminin en yüksek değerine ulaşmıştır. Kuzu yaşama gücü (YG) bakımından yıllar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Yaşama gücü 2018 yılında %91,21 ile en yüksek seviyede gerçekleşmiş, 2019 yılında %88,65'e gerilemiş ve 2020 yılında %77,99 ile en düşük değere ulaşmıştır. 2021 yılında ise yaşama gücü yeniden artış göstererek %85,75 olarak hesaplanmıştır. Özellikle 2020 yılında yaşama gücündeki düşüşün sütten kesime kadar olan dönemde kuzu kayıplarının arttığını göstermesi bakımından dikkat çekici olduğu söylenebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışma yılları boyunca yavrulama oranında azalma eğilimi gözlenmesine karşın doğuran koyun başına düşen kuzu sayısında artış meydana gelmiştir. Buna karşılık sütten kesime ulaşan kuzu sayısı ve yaşama gücü değerlerinde yıllara bağlı dalgalanmalar belirlenmiştir. Bu sonuçlar, sürü yönetimi, çevresel koşullar ve bakım-besleme uygulamalarının döl verimi üzerine etkili olabileceğini göstermektedir.

## TARTIŞMA

Bu çalışmada Ankara ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarına ait döl verimi ölçütleri yıllara göre değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar literatürde bildirilen farklı koyun ırkları ve Akkaraman genotipi üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Araştırmada yavrulama oranı (YO) değerleri 2018–2021 yılları arasında 0,68–0,85 aralığında belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler, Akkaraman koyunlarında yetiştirici koşullarında bildirilen %95,8 kuzulama oranından (Tüfekci, 2023) daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde Niğde ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarında doğum oranının ortalama %90,1 olduğu bildirilmektedir (Ceyhan ve ark., 2019). Bu farklılığın sürü yönetimi, bakım-besleme koşulları, yıl etkisi ve çevresel stres faktörlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim Orta Anadolu Merinosu koyunlarında yıl faktörünün döl verimi üzerine önemli etkisinin bulunduğu Kırbaş ve ark. (2022) tarafından da vurgulanmıştır.

Koç altı koyun başına doğan kuzu sayısı (KAKB-DKS) bu çalışmada 0,89–0,97 arasında değişmiştir. Bu değerler Karakaş koyunlarında bildirilen 0,96 değerine oldukça yakın

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

bulunmuştur (Bingöl ve Aygün, 2013). Ancak Kıvırcık koyunlarında bildirilen 1,11 (Alarslan ve Aygün, 2019) ve Orta Anadolu Merinoslarında bildirilen yaklaşık 1,12 değerlerinden (Kırbaş ve ark., 2022) daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum Akkaraman ırkının genetik olarak çoğuz doğum eğiliminin düşük olmasına bağlanabilir.

Doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı (DKB-DKS) değerleri çalışmada 1,13–1,30 arasında değişmiş ve yıllar ilerledikçe artış eğilimi göstermiştir. Elde edilen sonuçlar Akkaraman koyunlarında bildirilen 1,22 değeri ile uyumlu bulunmuştur (Tüfekci, 2023). Ayrıca Kıvırcık koyunlarında bildirilen 1,21 (Alarslan ve Aygün, 2019) ve Kıvırcık sürülerinde belirlenen 1,29 değeriyle de benzerlik göstermektedir (Koyuncu ve Akgün, 2018). Buna karşılık Romanov koyunlarında bildirilen 1,71 değeri (Şen ve Uğurlu, 2021) oldukça yüksek olup bu durum Romanov ırkının yüksek prolific yapıdaki genetik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Sütten kesimde kuzu verimi ve yaşama gücü bakımından değerlendirildiğinde, bu çalışmada yaşama gücü %77,99–%91,21 arasında değişmiştir. En düşük değer 2020 yılında belirlenmiştir. Bu sonuçlar Akkaraman kuzularında %96,3 yaşama gücü bildirilen değerlerden daha düşük bulunmuştur (Tüfekci, 2023). Benzer şekilde Kıvırcık koyunlarında bildirilen %96 yaşama gücü (Alarslan ve Aygün, 2019) ve İvesi kuzularında bildirilen %96,2 değeri (Türkyılmaz ve ark., 2021) çalışmamızdan daha yüksek seviyededir. Yaşama gücündeki bu farklılıkların çevresel koşullar, mera kalitesi, bakım-besleme uygulamaları ve yıl etkisine bağlı olarak ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada doğuran koyun başına sütten kesilen kuzu sayısı (DKB-SKKS) değerlerinin 0,93–1,11 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler Orta Anadolu Merinosu koyunlarında bildirilen 1,14–1,25 aralığındaki değerlerden düşük bulunmuştur (Kırbaş ve ark., 2022). Merinos genotiplerinde seleksiyon çalışmalarının uzun yıllardır uygulanması bu farkın temel nedenlerinden biri olabilir. Nitekim kızgınlık senkronizasyonu ve ıslah uygulamalarının döl verimini artırabildiği Karakuş (2007) tarafından da ortaya konmuştur.

Literatürde melezleme çalışmalarının döl verimini artırdığı bildirilmektedir. Romanov × İvesi melezlerinde doğum oranı ve kuzu sayısının saf İvesi koyunlarından daha yüksek olduğu ancak yaşama gücünün daha düşük olduğu belirtilmiştir (Türkyılmaz ve ark., 2021). Bu durum çalışmamızda da gözlenen doğuran koyun başına kuzu sayısındaki artış ile yaşama gücündeki dalgalanmalar arasında benzer bir ilişki olduğunu düşündürmektedir.

Flushing uygulamalarının Akkaraman koyunlarında döl verimi üzerine sınırlı etkisinin olduğu Demiral ve İşcan (2012) tarafından bildirilmiş olup, çevresel ve yönetimsel faktörlerin genetik faktörler kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde Anadolu Merinosu ve Malya koyunlarında senkronizasyon uygulamalarıyla döl veriminde önemli artışlar sağlanabildiği bildirilmektedir (Karakuş, 2007).

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmada elde edilen Akkaraman koyunlarına ait döl verimi değerlerinin literatürde bildirilen yerli ırk sonuçlarıyla büyük ölçüde uyumlu olduğu, ancak yüksek prolific özellik gösteren Romanov gibi ırklara göre daha düşük seviyede kaldığı görülmektedir. Bununla birlikte yıllar arasında gözlenen değişimler, çevresel koşullar ve yetiştirici uygulamalarının döl verimi üzerinde önemli rol oynadığını göstermektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada Ankara ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarına ait bazı döl verimi ölçütleri 2018–2021 yılları arasında değerlendirilmiş ve söz konusu özelliklerin yıllara bağlı değişimi ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, incelenen dönem boyunca yavrulama oranında azalma

eğilimi görülmesine karşın doğuran koyun başına düşen kuzu sayısında artış meydana geldiğini göstermiştir. Bu durum, sürüde doğuma katılan koyun sayısında azalma olmasına rağmen doğuran koyunların yavru veriminde göreceli bir iyileşme bulunduğunu ortaya koymaktadır. Koç altı koyun başına doğan ve sütten kesilen kuzu sayılarında yıllara bağlı dalgalanmalar belirlenmiş olup özellikle 2020 yılında kuzu yaşama gücünde meydana gelen düşüş dikkat çekici bulunmuştur. Yaşama gücü değerlerindeki değişimin bakım-besleme uygulamaları, mera koşulları, iklimsel faktörler ve sürü yönetimi uygulamalarından etkilenebileceği değerlendirilmektedir. Buna karşılık doğuran koyun başına kuzu sayısındaki artış, sürü içerisinde çoğuz doğum oranının zamanla yükseldiğini göstermektedir.

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, Ankara koşullarında yetiştirilen Akkaraman koyunlarının döl verimi değerlerinin literatürde bildirilen yerli koyun ırklarına ait sonuçlarla benzer düzeylerde olduğu, ancak yüksek prolific özellik gösteren bazı kültür ve melez ırklara kıyasla daha düşük seviyede kaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte yıllar arasında gözlenen değişimler, genetik faktörlerin yanı sıra çevresel koşullar ve yetiştirici uygulamalarının döl verimi üzerinde önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Akkaraman koyunlarında döl veriminin artırılabilmesi için sürü yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesi, bakım-besleme koşullarının optimize edilmesi ve kayıt sistemlerinin düzenli şekilde sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Elde edilen bulguların, Ankara ili yetiştirici koşullarında Akkaraman koyununun üreme performansının ortaya konmasına katkı sağlayacağı ve yürütülecek seleksiyon ile ıslah programlarına temel veri oluşturacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

Alarslan, E., & Aygün, T. (2019). Yalova'daki Kıvırcık koyunların bazı süt verimi ve dölverimi özelliklerinin belirlenmesi. Black Sea Journal of Agriculture, 2(2), 86–92.

Bingöl, E., & Aygün, T. (2013). Some reproductive traits of Karakaş ewes in Hakkari. Journal of the Institute of Science and Technology, 3(2), 113–118.

Ceyhan, A., Sezenler, T., Erdoğan, İ., & Yıldırır, M. (2009). Siyahbaşlı Merinos (Alman Siyahbaşlı Et x Karacabey Merinosu G1) koyunların döl verimi, kuzularda büyüme ve yaşama gücü özellikleri. Journal of Animal Production, 50(2).

Ceyhan, A., Şekeroğlu, A., & Duman, M. (2019). Some reproductive traits and lambs growth performance of Akkaraman sheep raised in Niğde province. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 7(10), 1509–1514. doi:10.24925/turjaf.v7i10.1509-1514.2249

Demiral, K., & İşcan, K. M. (2012). Akkaraman ırkı koyunlarda flushing uygulamasının dölverimi özelliklerine etkisi. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 9(1), 23–28.

Erol, H., Akçapınar, H., Özbeyaz, C., Özdemir, P., & Ünal, N. (2017). Lalahan koyununda (Kıvırcık x Akkaraman G1) döl verimi ve bazı morfolojik özelliklerin incelenmesi. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 57(2), 69–76.

Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Clarke, I. J., Digiacomo, K., & Chauhan, S. S. (2020). Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. In Animals (Vol. 10, Issue 5). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/ani1005086

Karakuş, K., & Aşkın, Y. (2007). Anadolu Merinosu ve Malya koyunlarında kızgınlığın toplulaştırılması ve bazı döl verimi özellikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 17(1), 17–20.

Kırbaş, M., Bülbül, B., & Kal, Y. (2022). Yetiştirici şartlarındaki Orta Anadolu Merinosu koyunlarında bazı döl verimi özellikleri. Journal of Advances in VetBio Science and Techniques, 7(1), 14–18. doi:10.31797/vetbio.1018631

Kızılaslan, M., Arzık, Y., & Behrem, S. (2024). Exploring the economically important growth traits and environmental influences on Akkaraman lambs in Ankara. Livestock Studies, 64(1), 17-23.

Koyuncu, M., & Akgün, H. (2018). Some fertility traits of Kıvırcık sheep in rural farms. Journal of Animal Production, 59(1), 33–40. doi:10.29185/hayuretim.406696

Lijalem Mesele, T., & Zereu Hadgu, G. (2024). African sheep review: productivity and reproductive attributes indication. Journal of Applied Animal Research, 52(1), 2385040.

Sönmez, R., Kaymakçı, M., Eliçin, A., Tuncel, E., Wassmuth, R., & Taşkın, T. (2009). Türkiye Koyun Islahı Çalışmaları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(2), 43-65.

Şen, M., & Uğurlu, M. (2021). Romanov koyun ırkında dölverimi özellikleri, yaşama gücü, büyüme performansı ve bazı vücut ölçüleri. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 16(2), 155–163. doi:10.17094/ataunivbd.813491

Şirin, E., Aksoy, Y., Uğurlu, M., Çiçek, Ü., Önenç, A., Ulutaş, Z., ... & Kuran, M. (2017). The relationship between muscle fiber characteristics and some meat quality parameters in Turkish native sheep breeds. Small Ruminant Research, 150, 46-51.

Tüfekci, H. (2023). Yetiştirici koşullarında Akkaraman ırkı koyunlarda döl verimi ile kuzularda büyüme ve yaşama gücü özelliklerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 12(1), 139–144. doi:10.29278/azd.1188633

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Hayvansal üretim istatistikleri, 2025. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/58015

Türkyılmaz, D., Özyürek, S., Dağdelen, Ü., Esenbuğa, N., & Yaprak, M. (2021). İvesi ve Romanov x İvesi melez koyunların bazı döl verim özellikleri, kuzularının yaşama gücü ve büyüme gelişme özelliklerinin incelenmesi. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, 4(2), 127–135. doi:10.51970/jasp.1033764

Yardımcı, M., & Özbeyaz, C. (2001). Akkaraman, Sakız X Akkaraman Melezi F1 Koyunlarının Süt Verimi Ve Meme Özelliklerinin Karşılaştırılması. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 41(2).

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# TÜRKİYE'DE KÜÇÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN EKONOMİK ÖZELLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

## The Effect of Environmental Factors on Economic Traits in Small Ruminant Farming in Türkiye

**Mehmet DEMİR[1], Sedat BEHREM[2], Yunus ARZIK[2]**

[1]Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni, Aksaray, Türkiye.
ORCİD 0009-0006-6804-1687
mehmet.demir@tarimorman.gov.tr, +905447753344

[2]Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni, Aksaray, Türkiye.
ORCİD 0000-0002-7351-1229
sedatbehrem@aksaray.edu.tr, +905079421417

[2]Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni, Aksaray, Türkiye.
ORCİD 0000-0002-3068-8155
yunusarzık@aksaray.edu.tr, +90534244360

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'de küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde ekonomik verimliliği etkileyen başlıca çevresel faktörler; büyüme performansı ve lif kalitesi açısından kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Küçükbaş hayvancılık, koyun ve keçilerin zorlu çevre koşullarına yüksek adaptasyon yetenekleri sayesinde hem kırsal kalkınmanın desteklenmesinde hem de gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir üretim kolu olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, üretim verimliliğinin yalnızca genetik yapı ile değil, aynı zamanda çevresel ve biyolojik faktörlerin etkisiyle şekillendiği ortaya konmuştur. Araştırma bulguları, cinsiyet, doğum tipi, ana yaşı, doğum yılı ve doğum mevsimi gibi faktörlerin oğlak ve kuzuların büyüme performansı üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Özellikle erkek yavruların daha yüksek doğum ağırlığı ve büyüme hızına sahip olduğu; tekiz doğan yavruların ise uterusta besin rekabetinin olmaması ve doğum sonrası süt kaynaklarından daha etkin yararlanabilmeleri nedeniyle daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, orta yaşlı analardan elde edilen yavruların daha yüksek büyüme performansı sergilediği, yıllar arasında değişen iklim koşulları ve doğum zamanına bağlı çevresel farklılıkların ise büyüme parametreleri üzerinde önemli varyasyonlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Lif üretimi açısından değerlendirildiğinde, yapağı, kıl ve tiftik gibi ürünlerin kalite özelliklerinin yalnızca genetik yapıdan değil; ırk, yaş, besleme düzeyi ve vücut bölgesi gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Lif inceliği, uzunluğu, elastikiyet ve mukavemet gibi özelliklerin çevresel koşullara duyarlı olduğu ve uygun yetiştirme uygulamaları ile iyileştirilebileceği ortaya konmuştur. Küçükbaş hayvancılıkta sürdürülebilir verim artışının sağlanabilmesi için çevresel faktörlerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve ıslah programlarında dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Küçükbaş hayvancılık, çevresel faktörler, büyüme performansı, lif kalitesi, koyun, keçi, cinsiyet

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## ABSTRACT

In this study, the main environmental factors affecting economic efficiency in small ruminant production in Türkiye were comprehensively evaluated in terms of growth performance and fiber quality. Small ruminant farming stands out as an important production sector in supporting rural development and ensuring food security due to the high adaptability of sheep and goats to harsh environmental conditions. In this context, it has been demonstrated that production efficiency is shaped not only by genetic structure but also by environmental and biological factors. The findings indicate that factors such as sex, birth type, dam age, birth year, and birth season play a significant role in determining the growth performance of lambs and kids. In particular, male offspring were found to have higher birth weights and growth rates, while single-born animals showed advantages due to the absence of intrauterine competition and more efficient utilization of maternal milk after birth. Additionally, offspring from mature dams exhibited superior growth performance, and variations in climatic conditions between years as well as differences related to birth timing were found to create significant variation in growth parameters. In terms of fiber production, it was determined that the quality characteristics of wool, hair, and mohair are influenced not only by genetic structure but also by factors such as breed, age, nutrition level, and body region. Fiber traits such as fineness, length, elasticity, and strength were found to be sensitive to environmental conditions and can be improved through appropriate management practices. Effective management of environmental factors and their integration into breeding programs are essential for achieving sustainable productivity in small ruminant production.

**Keywords:** Small ruminant production, environmental factors, growth performance, fiber quality, sheep, goat, sex

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, gıda arzının sürdürülebilirliğini sağlama konusunda önemli baskılar oluşturmaktadır. Bu durum, yalnızca üretim miktarının artırılmasını değil, aynı zamanda üretim sistemlerinin çevresel koşullara uyumlu, sürdürülebilir ve dirençli hale getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Gıda güvenliği çok boyutlu bir yapı sergilemekte olup üretim, erişim ve sürdürülebilirlik unsurlarının birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir (Azadi vd., 2023). Bu çerçevede küçük ölçekli hayvancılık işletmeleri, özellikle kırsal alanlarda hem gıda arzının devamlılığını sağlamakta hem de yerel ekonomiye önemli katkılar sunmaktadır (Rahaman vd., 2021; Yunusa vd., 2018).

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği, koyun ve keçilerin zorlu çevre koşullarına yüksek uyum yetenekleri sayesinde dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de önemli bir üretim kolu olarak öne çıkmaktadır (Joy vd., 2020; Kızılaslan vd., 2022). Bu hayvanlar, sınırlı kaynakların bulunduğu alanlarda dahi üretim yapabilme özellikleri ile dikkat çekmekte ve özellikle et, süt ve lif üretimi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Türkiye, sahip olduğu geniş küçükbaş hayvan varlığı ve zengin genetik kaynakları ile bu alanda önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır (TÜİK, 2023; FAO, 2023).

Türkiye'de küçükbaş hayvancılık, yalnızca et ve süt üretimi ile sınırlı olmayıp aynı zamanda yapağı, kıl ve tiftik gibi hayvansal lif üretimi açısından da önemli bir ekonomik değere sahiptir. Bu lifler; tekstil, halıcılık ve geleneksel dokuma sanayisinde hammadde olarak kullanılmakta olup ekonomik açıdan stratejik bir öneme sahiptir (McGregor, 2018; FAO, 2023). Lif verimi ve kalitesi; lif inceliği, lif uzunluğu, randıman, elastikiyet ve mukavemet gibi özelliklerle değerlendirilmekte ve bu parametreler hayvancılıkta önemli verim kriterleri arasında yer almaktadır. Bu özellikler yalnızca genetik yapıdan değil, aynı zamanda ırk, yaş, beslenme düzeyi ve vücut bölgesi gibi çevresel ve fizyolojik faktörlerden de önemli ölçüde etkilenmektedir (Yalçın, 1986; Behrem & Gül, 2022).

Küçükbaş hayvancılık sistemlerinde verimlilik ve ekonomik başarı, yalnızca genetik özelliklere bağlı olmayıp aynı zamanda çevresel faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir. Nitekim kuzu büyüme performansı; doğum ağırlığı, sütten kesim ağırlığı ve günlük canlı ağırlık artışı gibi özellikler, cinsiyet, doğum tipi, ana yaşı, doğum yılı ve yetiştirme koşulları gibi çevresel faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir (Ceyhan vd., 2010; Sezenler vd., 2013; Yılmaz vd., 2007). Bu durum, çevresel faktörlerin hayvanların genetik potansiyelinin ortaya çıkmasında belirleyici olduğunu açıkça göstermektedir. Bu bağlamda, hayvan ıslahı çalışmalarında yalnızca genetik seleksiyon yeterli olmamakta, çevresel faktörlerin kontrol altına alınması ve iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Sönmez vd., 2009). Modern ıslah programları, çevresel varyasyonun azaltılması ve yönetilmesi ile birlikte genetik ilerlemenin sağlanmasını esas almaktadır. Çevresel faktörlerin iyileştirilmesi; büyüme, üreme ve lif verim özelliklerinde artış sağlayarak doğrudan ekonomik kazanç oluşturmaktadır (Arzık vd., 2024; Behrem, 2021).

Çevresel koşulların iyileştirilmesine yönelik uygulamalar yalnızca işletme düzeyinde değil, aynı zamanda ülke hayvancılığı açısından da önemli katkılar sağlamaktadır. Bu uygulamalar sayesinde verimlilik artmakta, üretim maliyetleri azalmakta ve sürdürülebilir hayvancılık sistemlerinin oluşturulması mümkün hale gelmektedir. Böylece hem genetik ilerleme desteklenmekte hem de ulusal düzeyde hayvansal üretimin rekabet gücü artırılmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Sonuç olarak, küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde ekonomik verimliliğin artırılabilmesi için çevresel faktörlerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, Türkiye'de küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde ekonomik özellikler üzerinde etkili olan çevresel faktörleri bütüncül bir yaklaşımla incelemeyi amaçlamaktadır.

## TÜRKİYE'DEKİ KÜÇÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİNİN DURUMU

ürkiye'de küçükbaş hayvan varlığı 2016–2025 dönemi itibarıyla incelendiğinde, genel olarak artış eğiliminin baskın olduğu, ancak dönemsel dalgalanmaların da dikkat çektiği görülmektedir. Bu eğilim, Tablo 1'de sunulan veriler üzerinden açıkça izlenebilmektedir. Özellikle koyun varlığı, sektörün temel bileşeni olarak öne çıkmakta ve toplam artışın büyük bölümünü oluşturmaktadır.

**Tablo 1:** Türkiye, yıllara göre küçükbaş hayvan sayıları Tuik, 2026.

| Yıl | Koyun - Yerli | Koyun - merinos | Keçi - Kıl | Keçi - Tiftik |
|---|---|---|---|---|
| 2016 | 28 832 669 | 2 151 264 | 10 137 534 | 207 765 |
| 2017 | 31 257 408 | 2 420 228 | 10 419 027 | 215 645 |
| 2018 | 32 513 293 | 2 681 679 | 10 698 553 | 223 874 |
| 2019 | 34 199 467 | 3 076 583 | 10 964 374 | 241 055 |
| 2020 | 38 579 748 | 3 547 033 | 11 698 825 | 287 020 |
| 2021 | 41 182 899 | 3 994 791 | 12 051 957 | 289 557 |
| 2022 | 40 728 954 | 3 958 934 | 11 320 208 | 257 654 |
| 2023 | 38 646 766 | 3 918 678 | 10 496 158 | 212 516 |
| 2024 | 39 871 852 | 4 208 732 | 10 619 841 | 202 243 |
| 2025 | 42 166 915 | 4 521 898 | 10 969 710 | 215 795 |

Yerli koyun sayısı, Tablo 1'e göre 2016 yılında 28,8 million baş iken 2025 yılında 42,2 milyon başa yükselmiş ve yaklaşık %46 oranında artış göstermiştir. Bu artış, küçükbaş hayvancılığa yönelik destek politikaları, mera kullanımının teşviki ve kırmızı et üretim açığını kapatma hedefleri ile ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, 2022 ve 2023 yıllarında gözlenen geçici düşüşler, sektörün ekonomik koşullara ve üretim maliyetlerindeki artışlara duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak takip eden yıllarda yeniden artış eğilimine girilmesi, sektörün toparlanma kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Merinos koyun varlığı ise Tablo 1'de görüldüğü üzere çok daha hızlı bir artış sergilemiştir. 2016 yılında 2,15 milyon baş olan merinos koyun sayısı, 2025 yılında 4,52 milyon başa ulaşarak yaklaşık %110 oranında artmıştır. Bu durum, Türkiye'de hayvancılık politikalarının yalnızca sayısal artışı değil, aynı zamanda verimlilik ve kaliteyi de hedeflediğini göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Merinos koyunlarının yüksek kaliteli yapağı üretimi sağlaması, bu artışın temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilebilir.

Keçi yetiştiriciliğinin görece sınırlı artış göstermesinin temel nedenlerinden biri, bu faaliyetin çoğunlukla marjinal alanlarda ve dağlık bölgelerde, özellikle orman köylüleri tarafından yürütülmesidir. Bu alanlar, tarımsal üretim açısından alternatiflerin sınırlı olduğu, topoğrafik ve iklimsel koşulların zorlayıcı olduğu bölgeler olup, keçi yetiştiriciliği bu koşullara uyum sağlayabilen en önemli üretim faaliyetlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu durum, üretimin büyük ölçüde geleneksel yöntemlere dayanmasına ve modern yetiştiricilik uygulamalarının sınırlı düzeyde benimsenmesine neden olmaktadır.

Bunun yanı sıra, orman alanları ile keçi yetiştiriciliği arasındaki ilişki, zaman zaman çevresel ve yasal kısıtlamalarla da şekillenmektedir. Ormanların korunmasına yönelik politikalar, bazı bölgelerde keçi yetiştiriciliğini sınırlandırabilmekte ve bu durum üretim artışını dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Dolayısıyla keçi yetiştiriciliği, hem coğrafi koşullar hem de sosyo-ekonomik yapı açısından değerlendirildiğinde, koyun yetiştiriciliğine kıyasla daha kırılgan ve dalgalı bir gelişim seyri izlemektedir. Tiftik keçisi varlığı ise Tablo 1'de de görüldüğü üzere dönem boyunca en dalgalı seyri göstermiştir. 2016 yılında yaklaşık 208 bin baş olan tiftik keçisi sayısı, 2025 yılında 216 bin başa ulaşmış ve genel olarak yaklaşık %4 oranında sınırlı bir artış kaydedilmiştir.

Türkiye'de küçükbaş hayvancılığın bölgesel dağılımı ile coğrafi yapı arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde hayvancılık yoğunlaşırken, topoğrafyanın ve ekonomik faaliyetlerin farklılaştığı bölgelerde daha sınırlı kalmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin en yüksek paya sahip olması (%24.7), bölgenin geniş mera alanları ve sert karasal iklim koşulları ile doğrudan ilişkilidir. İç Anadolu Bölgesi (%22.7), geniş bozkır alanları ve yarı kurak iklim özellikleri ile küçükbaş hayvancılık için uygun bir üretim ortamı sunmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde (%19.7) küçükbaş hayvancılığın gelişmiş olması, yarı kurak iklim ve geniş otlak alanlarının varlığı ile ilişkilidir. Akdeniz (%11.5) ve Ege (%9.1) bölgeleri orta düzeyde hayvan varlığına sahiptir. Marmara (%8.0) ve Karadeniz (%4.3) bölgelerinde ise küçükbaş hayvan sayısı en düşük seviyededir.

Türkiye'de yerli koyun ırkları, kuyruk yapıları, yetiştirildikleri bölgeler ve verim yönleri açısından değerlendirildiğinde, ülkenin hayvansal genetik kaynaklar bakımından önemli bir çeşitliliğe sahip olduğu görülmektedir. Koyun ırkları temel olarak yağlı kuyruklu, yarım yağlı kuyruklu ve yağsız kuyruklu olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Yağlı kuyruklu koyun ırklarının özellikle İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşması, bu bölgelerin kurak ve yarı kurak iklim özellikleri ile açıklanabilir. Akkaraman, Morkaraman ve İvesi gibi ırklar, zorlu çevre koşullarına dayanıklılıkları ile öne çıkmakta olup genellikle et ve süt verimi yönünden değerlendirilmektedir (TAGEM, 2009). Oyluğu yağlı kuyruk yapısına sahip Tuj ırkı ise özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilmektedir. Yarım yağlı kuyruklu koyun ırkları incelendiğinde (Sakız, Herik ve Hemşin), bu grubun daha çok Karadeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yaygın olduğu görülmektedir. Yağsız kuyruklu koyun ırkları ise (Kıvırcık ve Karayaka) genellikle Marmara, Ege ve Karadeniz bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Merinos kökenli ırkların (Karacabey Merinosu, Anadolu Merinosu, Orta Anadolu Merinosu ve

Ramlıç) özellikle yapağı verimi açısından geliştirilmiş olması dikkat çekmektedir (TAGEM, 2009).

## ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN OĞLAK VE KUZU BÜYÜMESİNE ETKİSİ

Oğlak ve kuzu büyüme performansı; genetik yapı ile birlikte çevresel faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir. Doğum ağırlığı, sütten kesim ağırlığı ve günlük canlı ağırlık artışı gibi büyüme özellikleri; cinsiyet, doğum tipi, ana yaşı, doğum yılı ile doğum mevsimi ve ayı gibi birçok çevresel faktörden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu faktörler, yavruların prenatal dönemdeki gelişiminden başlayarak doğum sonrası büyüme süreçlerine kadar etkisini sürdürmektedir.

### Cinsiyet Faktörünün Oğlak ve Kuzularda Büyüme Performansı Üzerine Etkisi

Cinsiyet faktörü hem prenatal hem de postnatal dönemde etkisini gösteren önemli bir biyolojik değişken olarak öne çıkmaktadır. Literatürde genel olarak erkek yavruların (oğlak ve kuzu) dişilere kıyasla daha yüksek doğum ağırlığına sahip olduğu bildirilmektedir. Bu farklılık, prenatal dönemde erkek fetüslerin daha hızlı gelişim göstermesi ve androjen hormonların anabolik etkileri ile açıklanmaktadır (Ünal ve ark., 2008; Özcan ve ark., 2010). Türk Saanen ve Kilis keçilerinde yapılan çalışmalarda, erkek oğlakların daha yüksek değerler gösterdiği bildirilmiştir (Pul, 2003; Kaya ve ark., 2025). Benzer şekilde Ankara keçilerinde (Şimşek ve ark., 2020), Akkaraman koyunlarında (Behrem, 2021), Orta Anadolu Merinosu, Norduz ve Zom koyunlarında yapılan araştırmalar da erkek kuzuların doğum ve erken dönem büyüme parametrelerinde dişilere kıyasla daha yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir (Arzık ve ark., 2024; Yılmaz vd., 2007; Koncagül vd., 2013). Bununla birlikte, Öztürk ve Odabaşıoğlu (2011) ile Sarı ve ark. (2013) tarafından yürütülen çalışmalarda, cinsiyetin doğum ağırlığı ve bazı büyüme özellikleri üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu ($P>0.05$) belirtilmiştir.

### Tekiz ve İkiz Doğumun Oğlak ve Kuzularda Büyüme Performansı Üzerine Etkisi

Tekiz ve ikiz doğumlar arasında gözlenen farklılıklar, hem prenatal dönemdeki besin paylaşımı hem de doğum sonrası süt tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. Keçilerde tekiz doğan oğlaklar, gebelik süresince uterusta besin maddelerine tek başına erişim sağlayabildikleri için daha avantajlı bir gelişim süreci geçirirken, ikiz oğlakların doğumda daha düşük canlı ağırlığa sahip olmasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda tekiz oğlakların doğum ağırlıklarının ikizlere göre yaklaşık 0.4–0.7 kg daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Akdağ vd., 2011). Sütten kesime kadar olan süreçte de Özcan ve ark. (2010) ile Gökdal (2013), tekiz oğlakların büyüme hızının ikizlere göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Koyun yetiştiriciliğinde de benzer durum söz konusudur (Noyan & Ceyhan, 2021). Akkaraman kuzularında yapılan bir çalışmada tekizlerin doğum ağırlığı 4.41 kg, ikizlerin ise 3.66 kg olarak belirlenmiştir (Behrem, 2021). Sütten kesim öncesi dönemde de süt tüketiminde rekabetin bulunmaması, tekiz kuzuların daha yüksek günlük canlı ağırlık artışı ve sütten kesim ağırlığı göstermesine olanak sağlamaktadır (Ceyhan, 2019; Arzık vd., 2024; Sezenler vd., 2013; Yılmaz vd., 2007).

### Ana Yaşı Faktörünün Kuzu ve Oğlaklarda Büyüme Performansı Üzerine Etkisi

Genç yaşta doğum yapan keçilerde, organizmanın henüz tam gelişimini tamamlamamış olması nedeniyle genç analardan doğan oğlaklar genellikle daha düşük canlı ağırlıkla doğmaktadır (Koyuncu vd., 2007). Buna karşılık, fizyolojik olgunluğa ulaşmış orta yaşlı keçilerde (özellikle 3–5 yaş aralığında), uterin gelişim ve süt verimi daha yüksek düzeydedir (Akdağ vd., 2011; Yılmaz vd., 2007). Özcan ve ark. (2010) ile Gökdal (2013) tarafından yapılan çalışmalarda, ana yaşının sütten kesim ağırlığı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu ve orta yaşlı anaların yavrularının daha hızlı büyüdüğü, ileri yaşlarda ise fizyolojik gerileme nedeniyle performansın

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

düştüğü ortaya konmuştur. Koyunlarda da 3–5 yaş aralığındaki koyunlardan doğan kuzuların doğum ağırlığı ve sütten kesim performansı bakımından daha avantajlı olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır (Arzık vd., 2024; Ceyhan vd., 2019). İleri yaşlı koyunlarda görülen diş kayıpları ve süt verimindeki düşüş ise yavru gelişimini sınırlandırmaktadır (Sarı vd., 2013; Koncagül vd., 2013).

### Doğum Yılı Faktörünün Kuzu ve Oğlaklarda Büyüme Performansı Üzerindeki Etkisi

Yıllar arasında değişen yağış miktarı, sıcaklık değerleri, mera bitki örtüsü ve bakım-besleme uygulamaları, büyüme performanslarında önemli farklılıklar oluşturabilmektedir (Koyuncu, 2008; Ceyhan vd., 2010). Norduz keçileri (Yılmaz vd., 2007) ve Kilis keçileri (Keskin vd., 2007; Gül vd., 2016) üzerine yapılan araştırmalar, farklı yıllarda doğan oğlakların performans farklılıklarının büyük ölçüde mera koşulları ve yönetim uygulamalarından kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Akdağ vd., 2011; Özcan vd., 2010). Koyun yetiştiriciliğinde de Akkaraman, Orta Anadolu Merinosu ve Zom koyunları gibi farklı ırklar üzerinde yürütülen araştırmalarda, doğum yılı faktörünün büyüme performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Tüfekçi vd., 2024; Arzık vd., 2024; Kızılaslan vd., 2024; Koncagül vd., 2013; Aksoy vd., 2023; Behrem vd., 2021).

### Doğum Mevsimi ve Ayının Kuzu ve Oğlaklarda Büyüme Performansı Üzerindeki Etkisi

Kış sonu ve erken ilkbahar aylarında doğan oğlaklar, meraların besin değerinin yükselmesi ve ananın süt veriminin artması sayesinde daha yüksek sütten kesim ağırlığına ulaşabilmektedir (Tolunay vd., 2014). Buna karşılık geç ilkbahar ve yaz döneminde doğan oğlaklar, yüksek sıcaklık stresi ve parazit yükünün artması nedeniyle olumsuz etkilenmektedir (Kor vd., 2004; Gökdal, 2013; Şengonca vd., 2003; Bingöl vd., 2012). Saanen ve Kilis gibi sütçü veya geliştirilmiş genotiplerde doğum ayının etkisi daha belirgindir (Dağ vd., 2005; Keskin vd., 2010; Gül, 2011). Koyunlarda da kış sonu ve erken ilkbahar döneminde doğan kuzuların daha yüksek büyüme performansı sergilediği; Orta Anadolu Merinosu ve Akkaraman gibi yerli ırklarda ilkbahar başında doğan kuzuların sütten kesim ağırlıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Gül vd., 2020; Tüfekçi, 2023; Yılmaz vd., 2007; Arzık vd., 2024; Kızılaslan vd., 2024).

## YAPAĞI KALİTESİNE ETKİ EDEN ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Yapağı kalitesi; lif inceliği, uzunluğu, elastikiyet, mukavemet ve randıman gibi fiziksel özelliklerin birleşimiyle belirlenir (Safari vd., 2005; McGregor, 2020).

**Yaş Faktörünün Etkisi:** Genç hayvanlarda daha ince ve kaliteli lifler elde edilirken, yaşlı hayvanlarda lif kalınlaşması gözlenmektedir (McGregor, 2020; Dellal vd., 2000). Lif uzunluğu genellikle bir yaş civarında maksimum değerlere ulaşır (Bağkesen & Koçak, 2018; Behrem & Gül, 2022). Yetişkin hayvanlarda lif mukavemeti ve elastikiyet daha yüksekken (Safari vd., 2005; Tuncer & Cengiz, 2018), genç hayvanlar daha yüksek temiz yapağı oranına (randıman) sahiptir (McGregor, 2018).

**Vücut Bölgesinin Etkisi:** But ve sağrı gibi arka bölgelerde daha kalın lifler elde edilirken, omuz ve kaburga bölgelerinde daha ince ve homojen lif yapıları görülmektedir (Arık vd., 2003; Behrem & Gül, 2022). Lif uzunluğu bakımından bölgesel farklılıklar sınırlıdır (Elibol & Dağ, 2004). Kaburga bölgesi lifleri daha yüksek elastikiyete sahipken, mukavemet arka bölgelerde artmaktadır (Safari vd., 2005; Tuncer & Cengiz, 2008; Koyuncu vd., 1996).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Besleme ve Yetiştirme Koşullarının Etkisi:** Yetersiz besleme koşullarında lif çapında incelme ve lif mukavemetinde azalma meydana gelirken, dengeli besleme daha uzun ve dayanıklı liflerin oluşmasını sağlamaktadır (McGregor, 2018; Safari vd., 2005). Tozlu ve kirli ortamlarda ise temiz yapağı verimi düşmektedir (Uzun Kara, 2008).

**Irk (Genetik Yapı) Faktörünün Etkisi:** Anadolu Merinosu ve Karacabey Merinosu gibi genotiplerde lif çapı genellikle 20–22 µm aralığında olup yüksek kalitelidir (Koyuncu vd., 1996; Oğan, 1994). Akkaraman ve Morkaraman gibi yerli ırklarda ise lif çapı daha kalın olup (30 µm ve üzeri) halıcılıkta kullanılır (Küçük vd., 2000; Dağ, 1996). Kangal Akkaraman ve Norduz koyunlarında yüksek mukavemet değerleri rapor edilmiştir (Garip vd., 2010; Yılmaz & Denk, 2004; Safari vd., 2005).

## KEÇİ KIL ve KAŞMİR LİF KALİTESİNE ETKİ EDEN ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Kilis ve Damascus keçileri ortalama yaklaşık 15 µm lif inceliğine sahip olup yüksek kaliteli kaşmir sınıfındadır (Behrem vd., 2022). Erkek hayvanlardan elde edilen lifler dişilere göre daha kalındır (Dellal, 2001) ve arka bölgelerde lif çapı artmaktadır (Behrem vd., 2022). Lif uzunluğunun yaş ve çevresel faktörlerden ziyade genetik yapı tarafından belirlendiği bildirilmiştir (Behrem vd., 2022). Yaş ilerledikçe lif çapı ve mukavemeti artarken (Dellal, 2001; Behrem vd., 2022), iyi besleme koşullarında temiz lif randımanı yükselmektedir. Kıl keçilerinde alt liflerde sütlü kahverengi, gri ve beyaz; üst liflerde ise siyah renk baskındır (Dellal, 2001; Erdoğan vd., 2001).

## TİFTİK KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ

Tiftik kalitesi; lif çapı, lif uzunluğu, elastikiyet ve mukavemet özellikleriyle belirlenir. Protein ve enerji içeren dengeli rasyonlar liflerin daha homojen ve ince yapıda oluşmasını desteklerken, yetersiz besleme ve sıcaklık stresi lif çapında dalgalanmalara ve mukavemet kayıplarına yol açar (Öztürk & Goncagül, 1994; Dellal, 2001; Erdoğan vd., 2001; Şen, 2015; Öztürk & Örkiz, 1994). Düzenli bakım yapılan ve stresin azaltıldığı barınak koşullarında daha yüksek kaliteli tiftik elde edilmektedir.

## GENEL SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Türkiye'de küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde ekonomik verimliliği belirleyen başlıca çevresel faktörler; büyüme performansı ve lif kalitesi açısından belirleyici bir rol oynamaktadır. Tekiz doğan yavruların ve orta yaş grubundaki (3–5 yaş) anaların yavrularının daha yüksek büyüme performansı sergilediği görülmektedir. Yıllar arasında değişen iklim koşulları ve erken dönem (kış sonu–ilkbahar) doğumları büyüme parametrelerini olumlu etkilerken, kuraklık ve sıcaklık stresi gelişimi sınırlandırmaktadır. Lif üretimi açısından yapağı, kıl ve tiftik kalitesinin besleme düzeyi, yaş ve vücut bölgesi gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilendiği, uygun bakım uygulamaları ile kalitenin artırılabileceği ortaya konmuştur. Islah çalışmalarında bu çevresel faktörlerin istatistiksel modellere dahil edilmesi, hayvanların gerçek genetik potansiyelinin ortaya konması ve sürdürülebilir yetiştiricilik sistemlerinin geliştirilmesi açısından temel bir gerekliliktir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## KAYNAKÇA

Akdağ, A., vd. (2011). Farklı doğum tipine sahip oğlakların büyüme ve yaşama gücü özellikleri. Hayvansal Araştırma Dergisi.

Aksoy, Y., Şekeroğlu, A., Duman, M., & Çoban, Ö. B. (2023). A study on the determination of some reproductive traits of Akkaraman sheep and growth performance of lambs under farm conditions. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 11(6), 1168–1175.

Anonim. (2024). İllere göre küçükbaş hayvan sayıları. Tarım ve Orman Bakanlığı Veri Portalı (Erişim: 25 Mart 2026).

Arık, İ.Z., Dellal, G., Cengiz, F., 2003. Anadolu Merinosu, Akkaraman, Ile de France x Anadolu Merinosu (F1) ve Ile de France x Akkaraman (F1) melezi koyunlarda bazı yapağı fiziksel özellikleri. Turk J Vet Anim Sci., 27, 651-656.

Arzık, Y., Kızılaslan, M., Behrem, S., Tütenk, S., & Yıldız, Ç. (2024). The environmental impact on economically significant traits in Central Anatolian Merino sheep. Black Sea Journal of Agriculture, 7(3), 327–334.

Azadi, H., Ghazali, S., Ghorbani, M., Tan, R., & Witlox, F. (2023). Contribution of small-scale farmers to global food security: A meta-analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, 103(6), 2715–2726.

Bağkesen, Ö., Koçak, S., 2018. Ramlıç ve Dağlıç koyunlarında kırkım sonu canlı ağırlık, yapağı verimi ve özellikleri. Kocatepe Vet J., 11(2), 148-155.

Behrem, S. (2021). Effects of environmental factors on growth traits of Akkaraman sheep in Çankırı province. Livestock Studies, 61(1), 22–27.

Behrem, S. (2025). Unveiling the pre-weaning growth performance and reproductive traits of Akkaraman and Central Anatolian Merino sheep. Veterinary Medicine and Science, 11(2), e70221.

Behrem, S., & GÜL, S. (2022). Effects of age and body region on wool characteristics of Merino sheep crossbreds in Turkey. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 46(2), 235-247.

Behrem, S., Keskin, M., Gül, S., Ünay, E., Satılmış, M., Ünal, M., Saçlı, Y., & Erisek, A. (2022). Investigation on the hair characteristics of Damascus and Kilis goats. Journal of Natural Fibers.

Behrem, S., Tuncer, S. S., & Şenyüz, H. H. (2022). Comparison of reproductive performance, live weight, survivability, and fleece characteristics of indoor-raised Central Anatolian Merino and Malya sheep. Revista Brasileira de Zootecnia, 51.

Bingöl, M., Arık, İ. J., & Dağ, B. (2012). Norduz keçisi oğlaklarında bazı verim özellikleri: I. Büyüme ve yaşama gücü. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 22(1), 35–42.

Ceyhan, A., & Karadağ, O. (2009). Marmara Hayvancılık Araştırma Enstitüsünde yetiştirilen Saanen keçilerin bazı tanımlayıcı özellikleri. Journal of Agricultural Sciences, 15(02), 196-203.

Ceyhan, A., Sezenler, T., Yildirir, M., & Erdoğan, İ. (2010). Reproductive performance and lamb growth characteristics of Ramlıç sheep. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16(2), 293–297.

Ceyhan, A., Sezenler, T., Yüksel, M., & Yıldırır, M. (2013). Gökçeada kuzularının büyüme ve yaşama gücü özellikleri üzerine bazı çevre faktörlerinin etkisi. Journal of Animal Production, 54(2), 14–17.

Ceyhan, A., Şekeroğlu, A., & Duman, M. (2019). Niğde ilinde yetiştirilen Akkaraman koyunlarında bazı döl verimi özellikleri ve kuzuların büyüme performansı. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(10), 1509–1514.

Dağ, B., Zülkadir, U., Keskin, İ., & Ayhan, V. (2005). Akkeçi oğlaklarında büyüme özelliklerine ait genetik ve fenotipik parametre tahminleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(36), 5–11.

Dellal, G. (2001). Antalya ilinde yetiştirilen kıl keçilerinden elde edilen alt liflerin tekstil sanayii açısından uygunluklarının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 7(2), 131–134.

Dellal,G., Söylemezoğlu, F., Etikan, S., Erdoğan, Z., 2000. Anadolu Merinosu koyunlarının bazı yapağı özellikleri üzerine bir araştırma. Tarım Bilimleri Dergisi,6(2): 48-53.

Erdoğan, Z., Dellal, G., & Söylemezoğlu, F. (2001). Kıl × Ankara (G1) melezi keçilerden elde edilen üst liflerin bazı fiziksel özellikleri üzerine bir araştırma. Tarım Bilimleri Dergisi, 7(4), 105–108.

Erol, H., Bilgen, A., & Sarıözkan, S. (2008). Ankara Keçilerinde Bazı Üreme Özellikleri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 48(1), 35-43.

FAO. (2023). FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Garip, M., Coşkun, B., Polat, E., S., Yılmaz, A., Tekin, M., E., Çağlayan, T., Kılıç, N., 2010. Kangal Akkaraman Koyunlarında Yapağı Özellikleri. Eurasian J Vet Sci, 26, 2, 93-99.

Gökdal, Ö. (2013). Halk elinde ıslah edilen kıl keçisi oğlaklarının büyüme performansı. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1), 1–9.

Gül, S., Keskin, M., Masatıcıoğlu, T. T., & Biçer, O. (2016). Kilis keçisi oğlaklarının büyüme performansı ve yaşama gücü özellikleri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 51-60.

Gürsoy, O., Şekerden, Ö., & Erdem, H. (2005). Keçi sürülerinde süt verimi ve çevresel faktörler. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2), 1–10.

Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Clarke, I. J., Digiacomo, K., & Chauhan, S. S. (2020). Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. Animals, 10(5), 867.

Keskin, M., Gül, S., Biçer, O., & Kaya, Ş. (2007). Growth performance of Kilis goat kids in different production years under semi-intensive conditions. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 31(4), 231-236.

Kızılaslan, M., Arzık, Y., White, S. N., Piel, L. M., & Çınar, M. U. (2022). Genetic parameters and genomic regions underlying growth and linear type traits in Akkaraman sheep. Genes, 13(8), 1414.

Koncagül, S., Karataş, A., Akça, N., & Bingöl, M. (2013). Reproductive performance of ewes and growth characteristics of lambs in Zom sheep. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(1), 55–61.

Kor, A., Karaca, S., & Ertuğrul, M. (2004). Ankara keçisi oğlaklarında büyüme ve yaşama gücü özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi, 10(1), 107–111.

Koyuncu, M. (2008). Keçilerde doğum tipi ve çevresel faktörlerin büyüme üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2), 55–62.

Koyuncu, M., Tuncel, E., Ferik, A., 1996. Anadolu Merinosu, Kıvırcık, Türkgeldi koyunlarının yapağı verim ve özellikleri üzerine bir araştırma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12, 101-108.

Koyuncu, M., vd. (2007). Kıl keçilerinde ana yaşı ve bazı çevresel faktörlerin büyüme üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.

Küçük, M., Yılmaz, O., Ateş, C., T., 2000. Morkaraman, Hamdani ve Karagül Yapağılarının Halı Tipi Yapağı Özelliklerine Göre Değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 11(2): 54-59.

McGregor, B. A. (2018). The quality of cashmere and other animal textile fibres. Textile Institute Professional Publications.

McGregor, B. A. (2020). Fibre diameter: Its importance and variation in natural animal fibres. Small Ruminant Research, 184, 106035.

Noyan, N., & Ceyhan, A. (2021). Yarı entansif koşullarda yetiştirilen Akkaraman ırkı kuzuların büyüme performansı. Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences, 2(2), 147–162.

Özcan, M., vd. (2010). Saanen keçilerinde süt verimi ve oğlaklarda büyüme özellikleri. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi.

Öztürk, A., & Goncagül, T. (1994). Ankara keçilerinde bazı verim özellikleri ve bunlara etki eden faktörler. Hayvancılık Araştırma Dergisi, 4(1), 15–22.

Öztürk, Y., & Odabaşıoğlu, F. (2011). Koyunlarda bazı çevresel faktörlerin kuzu büyüme performansı üzerine etkileri.

Peşmen, G., 2012. Menemen Koyununa Ait Yapağıların Morfolojik, Fiziksel ve Elementel Olarak İncelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 169 s.

Pul, F. (2003). Oğlakların Çeşitli Dönemlerdeki Canlı Ağırlıklarına Etki Eden Bazı Çevre Faktörlerinin Etki Miktarlarının Hesaplanması Üzerinde Araştırmalar. Journal of Agricultural Sciences, 9(03).

Rahaman, A., Kumari, A., Zeng, X. A., Khalifa, I., Farooq, M. A., Singh, N., Ali, S., Alee, M., & Aadil, R. M. (2021). The increasing hunger concern and current need in the development of sustainable food security in developing countries. Trends in Food Science & Technology, 113, 423–429.

Safari, E., Fogarty, N. M., & Gilmour, A. R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. Livestock Production Science, 92(3), 271-289.

Sarı, M., Önk, K., Aksoy, A. R., & Tilki, M. (2013). Tuj koyunlarında doğum kondisyon puanının kuzuların büyüme özellikleri ve yaşama gücü üzerine etkisi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, 27(3), 149–154.

Sezenler, T., Soysal, D., Yildirir, M., Yüksel, M. A., Ceyhan, A., Yaman, Y., & Karadağ, O. (2013). Karacabey Merinos koyunlarında kuzu verimi ve kuzularda büyüme performansı üzerine bazı çevre faktörlerinin etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1), 40–47.

Sönmez, R., Kaymakçı, M., Eliçin, A., Tuncel, E., Wassmuth, R., & Taşkın, T. (2009). Türkiye koyun ıslahı çalışmaları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(2), 43–65.

Şen, U. (2015). Ankara keçilerinde tiftik verimi ve lif özellikleri üzerine etkili faktörler. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2(3), 310–317.

Şengonca, M., Taşkın, T., & Koşum, N. (2003). Saanen x Kıl keçisi melez oğlakların büyüme ve yaşama gücü. Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, 27(5), 1153–1160.

Şireli, H. D., Turan, M., Bülbüller, F., İnan, İ., & Akdamar, H. (2026). İlkine Doğum Yapan Kilis Keçisi Oğlaklarının Doğum ve Sütten Kesim Ağırlıklarına Çeşitli Çevre Faktörlerinin Etkisi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 14(2), 408-413.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü (TAGEM). (2009). Türkiye evcil hayvan genetik kaynakları tanıtım kataloğu. Ankara.

Tolunay, A. R., Arık, İ. J., & Dağ, B. (2014). Honamlı keçisi oğlaklarında büyüme ve yaşama gücü üzerine çevresel faktörlerin etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2), 85–93.

Tuncer, S. S., Cengiz, F., 2008. Norduz ve Karakaş koyunlarında kıl follikülü ile yapağı özellikleri arasındaki ilişkiler. 6. Zootekni Bilim Kongresi, Erzurum.

Tuncer, S. S., Cengiz, F., 2018. Akkaraman, Anadolu Merinosu, Ile de France X Akkaraman (G1) ve Ile de France x Anadolu Merinosu (G1) Melezlerinde Yapağı Verim ve Özellikleri. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 28(3):353-357.

TÜİK. (2023). Hayvansal üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu Bülteni.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Hayvansal üretim istatistikleri. Veri Portalı (Erişim tarihi: 25 Mart 2026).

Uzun Kara, H. Ş., 2008. Türkiye Yerli Koyun Irkları İle Bazı Melez Koyun Genotiplerinin Yapağı Özellikleri ve Yapağının Sanayide Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Bursa.

Ünal, N., Akçapınar, H., Atasoy, F., Yakan, A., & Uğurlu, M. (2008). Bafra koyunlarında büyüme ve süt verimi ilişkileri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 55(2), 117–124.

Yalçın, B. C. (1986). Sheep and goats in Turkey. FAO Animal Production and Health Paper.

Yılmaz, O., Denk, H., & Bayram, D. (2007). Effects of lambing season, sex and birth type on growth performance in Norduz lambs. Small Ruminant Research, 68(3), 336–339.

Yunusa, I. A. M., Zerihun, A., & Gibberd, M. R. (2018). Analysis of the nexus between population, water resources and global food security. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(15), 5764–5775.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Yüceer, B., Akçapınar, H., Özbaşer, F., T., 2010. Acıpayam Koyunlarında Canlı Ağırlık ve Yapağı Özellikleri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 50 (2) 73-80.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# CIMEX LECTULARIUS (HEMIPTERA) TÜRÜNDE ADLİ TIPTAKİ UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

**Prof. Dr. Mehmet Oğuz ÖZTÜRK**

Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

E-posta Adresi: oozturk@aku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7263-3585

## ÖZET

Böcekler, adli soruşturmalarda uzun süredir etkin bir rol oynamaktadır. Bu canlılar günümüzde kişinin ölüm zamanının (postmortem interval), ceset naklinin ve bir şüphelinin suç mahalline aidiyetinin tespitinde kullanılmaktadır. Tüm hareketli yaşam evrelerinde omurgalı kanıyla beslenen tahtakuruları (*Cimex lectularius*), bu özellikleri nedeniyle potansiyel adli kullanım değeri taşıyan ektoparazitlerdir. Literatürde, tahtakurularından izole edilen insan DNA'sı üzerinden otozomal kısa tandem tekrarlarının (STR) başarıyla profillendiği bildirilmiştir. Bu derleme çalışması, insan kanı için hızlı tanımlama testi (RSID™) ve Y-STR profillemesi bağlamında tahtakurusu kullanımının olası sınırlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda; erkek insan kanı veya havuzlanmış (kadın+erkek) insan kanıyla 30 dakika boyunca beslenen örneklerden, beslenme sonrası (PBM) 108 saate kadar olan süreçte 12 saatlik aralıklarla elde edilen veriler değerlendirilmiştir. RSID™ kan testi, kan öğünü türü ve geçen süreden bağımsız olarak başarılı sonuçlar vermiştir. Beslenmenin ardından 60 saatten az süre geçen örneklerden tam Y-STR profilleri elde edilmiştir. PBM süresi arttıkça DNA miktarının azaldığı, bozulma indeksinin (degradation index) ise arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, suç mahallinden toplanan tahtakuruları, Y-STR profillemesi için değerli bir kaynak sağlayarak şüphelilerin tespitine imkân tanıyabilir. Gelecek çalışmaların; daha geniş örneklem grupları, farklı kan bağışçıları ve çeşitli STR profilleme kitleri ile bu bulguları desteklemesi hedeflenmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Adli soruşturma, *Cimex lectularius*, Tahtakuruları, Y-STR

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# AN EVALUATION OF FORENSIC APPLICATIONS OF THE SPECIES CIMEX LECTULARIUS (HEMIPTERA)

**Prof. Dr. Mehmet Oğuz ÖZTÜRK**

Afyon Kocatepe University Science and Literature Faculty

Department of Molecular Biology and Genetics

E-mail: oozturk@aku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7263-3585

## ABSTRACT

Insects have long played an active role in forensic investigations. These organisms are currently used to determine the time of death (postmortem interval), the transport of a body, and the belonging of a suspect to a crime scene. Bed bugs (Cimex lectularius), which feed on vertebrate blood throughout all their mobile life stages, are ectoparasites with potential forensic value due to these characteristics. The literature reports successful profiling of autosomal short tandem repeats (STRs) from human DNA isolated from bed bugs. This review aims to determine the potential limitations of bed bug use in the context of rapid identification test (RSID™) and Y-STR profiling for human blood. In this context, data obtained at 12-hour intervals from samples fed with male human blood or pooled (female+male) human blood for 30 minutes, up to 108 hours post-feeding (PBM), were evaluated. The RSID™ blood test yielded successful results regardless of the type of blood meal and elapsed time. Complete Y-STR profiles were obtained from samples less than 60 hours after feeding. It was observed that as the PBM (Pre-Breakdown) time increased, the amount of DNA decreased, while the degradation index increased. Consequently, bed bugs collected from crime scenes can provide a valuable resource for Y-STR profiling, enabling the identification of suspects. Future studies should aim to support these findings with larger sample groups, different blood donors, and various STR profiling kits.

**Key words:** Forensic investigation, *Cimex lectularius*, Bed bugs, Y-STR

## 1. GİRİŞ

Tahtakurularının adli amaçlı kullanımı, diğer kan emici eklembacaklılarla kıyaslandığında çeşitli avantajlar sunmaktadır. Kanatsız olmaları sebebiyle bu böcekler, beslendikleri konaklara oldukça yakın alanlarda konaklarlar. Popülasyonun çok küçük bir kısmı nispeten uzun mesafeler katedebilse de büyük çoğunluğu konağın yakın çevresinde kalmayı sürdürür. Dolayısıyla, binalar arasındaki uzun mesafeli yer değiştirmeler genellikle insan kaynaklı taşınmalara (eşya, kıyafet vb.) işaret eder. Bu lokasyon sadakati, tahtakurularını adli soruşturmalarda bir şüphelinin veya kurbanın belirli bir konumdaki varlığını doğrulamak adına oldukça değerli birer fiziksel kanıt haline getirmektedir (Meiklejohn vd. 2025).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Tahtakuruları, bitlerde olduğu gibi yarı başkalaşım (hemimetabol) geçiren canlılardır; bu özellik, onların tüm yaşam evrelerinde kanla beslendikleri anlamına gelir ve olay yerinde yakın zamanda beslenmiş bireylere rastlanma olasılığını artırır. Tahtakurularının genellikle 4 ila 7 günde bir olacak şekilde seyrek beslenme alışkanlıkları, sindirim sistemlerinde tek bir konağa ait DNA profilinin izole edilmesini kolaylaştırarak genotiplendirme işlemlerine olanak tanır. Ayrıca, sivrisinek, pire ve bit gibi diğer ektoparazitlerle kıyaslandığında daha uzun bir yaşam döngüsüne sahip olan tahtakuruları, kan öğünü olmadan da uzun süre hayatta kalabilme kapasiteleri sayesinde adli açıdan kalıcı ve dayanıklı birer biyolojik kanıt niteliği taşırlar (Meiklejohn vd. 2025).

Literatürde, böcek sindirim sistemindeki kan öğünlerinin (kan unu) insan DNA'sı kaynağı olarak kullanımı geniş çapta belgelenmiştir. Çeşitli çalışmalarda; polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) teknikleri ve mitokondriyal DNA (mtDNA) hiperdeğişken bölge belirteçleri kullanılarak, tahtakurusu (*C. lectularius*) ve sivrisinek (*Aedes aegypti*) gibi kan emici türlerden mtDNA başarıyla izole edilmiş, çoğaltılmış ve genotiplendirilmiştir (Szalanski vd., 2006).

Ayrıca, insan nükleer DNA'sının (nDNA) da başarıyla izole edilebileceği; tek bir bireye veya karma (kadın ve erkek) kan öğününe sahip tahtakurularından, 72 saat sonra bile tam otozomal insan STR (Short Tandem Repeat - Kısa Tandem Tekrar) profillerinin elde edilebildiği gösterilmiştir. Ancak zaman geçtikçe DNA'nın bozulmaya uğradığı, bunun da özellikle büyük lokusların kaybına yol açtığı ve bu durumun kan öğününden sonra geçen süreyle doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır. Sivrisinekler (Ahmed vd., 2023), tropikal tahtakuruları (*Cimex hemipterus*) ve sülükler üzerinde yapılan güncel araştırmalar da bu bulguları destekler niteliktedir. Bu çalışmaların çoğunda, beslenme sonrası ilk 24 saate kadar tam otozomal kısa tandem tekrar (STR) profillerinin başarıyla elde edildiği bildirilmiştir (Knapp vd., 2024).

Adli soruşturmalarda Y kromozomuna özgü kısa tandem tekrarların (Y-STR) kullanımı giderek artmaktadır. Y-STR profili, yalnızca erkeklerde bulunan Y kromozomu üzerindeki kısa tandem tekrarlarını inceleyen bir analiz yöntemidir. Bu Y-STR belirteçleri özellikle cinsel saldırı, babalık tayini, kayıp şahıslar ve göçle ilgili vakalarda kritik bir öneme sahiptir (Roewer vd. 2020, Steffen vd. 2022).

Y kromozomunun rekombinasyona uğramayan bölgesi çoğu durumda tek bir haplotip olarak kalıtıldığından, her Y-STR lokusu için yalnızca tek bir alel mevcuttur (Kayser 2023). Ayrıca Y-STR analizi, dişi ve erkek DNA’sının karışık halde bulunduğu örneklerin incelenmesinde önemli bir avantaj sağlar (Kayser 2023). Bu yöntem, özellikle kadın DNA’sının baskın olduğu tecavüz vakalarında, kadın kısmını tamamen göz ardı ederek doğrudan erkek bireye ait genetik profili hedeflemesi bakımından son derece etkin ve seçici bir analiz yaklaşımı sunmaktadır (Thompson vd., 2013, Kayser 2023).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Bu derleme çalışmasının temel amacı, Cimex lectularius (tahtakurusu)'un biyolojisi, beslenme alışkanlıkları ve yaşam alanlarına ilişkin verilerin adli vakalara entegrasyonu incelenerek; tahtakurularının biyolojik gösterge olma potansiyeli, olay yeri incelemelerindeki yeri ve kanıt niteliği ele alınacaktır. Bu doğrultuda, tahtakurularından yeterli kalite ve miktarda bir veya birden fazla insan DNA profillerinin oluşturulması ve tahtakurularının, kriminologlar tarafından şüpheli veya kurbanların belirli konumlarla eşleştirilmesinde hem zamansal hem de mekânsal tahminler sunan güçlü bir fiziksel kanıt olarak kullanımı değerlendirilecektir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1 Yatak Böceklerinin İnsan Kanıyla Beslenmesi

Tahtakurusu (*Cimex lectularius*) kolonileri, entomoloji laboratuvarlarında 27°C sıcaklık, yaklaşık %50 bağıl nem ve 12:12 saat aydınlık:karanlık döngüsü koşullarında bir inkübatörde tutulur (Schal vd., 2018). Tahtakurularına iki farklı kapta defibrinlenmiş insan kanı verilmekte (n=90) ve beslenmeleri için 30 dakika süre tanınır. Beslenme işleminin ardından tahtakuruları 12 saatlik aralıklarla toplanır. Her zaman aralığında toplam 10 tahtakurusu alınarak %95 etanol içeren 2,0 mL'lik etiketli Eppendorf tüplerine yerleştirilmekte ve -80°C'de saklanır. Yapay beslenme sisteminde tamamen kan emmiş yetişkin bir erkek tahtakurusunun tükettiği kan hacmi ortalama 3,92 ± 0,21 µL civarındadır. Dondurulmuş tahtakuruları kuru buz üzerinde adli bilimler laboratuvarına taşınmakta ve ileri testlere kadar -80°C'de muhafaza edilir. Gerektiğinde etik kuruldan izin alınır (Sierras ve Schal, 2017).

### 2.2 Yatak Böceklerinden İnsan Kanının İzolasyonu ve Tanımlanması

DNA izolasyonundan önce örnek üzerindeki stok etanol uzaklaştırılır ve tahtakuruları 500 µL distile su ile üç kez yıkanır. Tahtakurularında insan kanı varlığı, Hızlı Boya İnsan Kanı Tanımlama (RSID™-Kan) Kiti (Independent Forensics, Hillside, IL) kullanılarak değerlendirilir. Bu kit, insan kanına özgü (yani hayvan kanıyla çapraz reaksiyon göstermeyen) bir doğrulama sağlar ve en az 1 µL insan kanı ile kullanılabilir. Tahtakuruları iyice temizlendikten sonra tüpe 10 µL Hızlı Boya Tanımlama (RSID™) kiti evrensel tamponu eklenir. Tahtakurularını homojenize etmek için temiz bir prob kullanılır. Kan ve kütikül içeren Eppendorf tüpleri, 13.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilir. Santrifüjleme sonrasında kütikül dâhil olmak üzere tahtakurusu dokuları tüplerin dibine çöker. Kanı içeren üst sıvı, 20 µL'lik bir pipet kullanılarak pelletin üzerinden dikkatlice alınır ve etiketli bir Flinders Technology Associates (FTA) mikro kartına (GE Healthcare Bio-Sciences Corp., Piscataway, NJ) aktarılır. Bu işlem (10 µL tampon eklenmesi, homojenizasyon, santrifüjleme ve üst sıvının FTA kartına alınması) her tahtakurusu örneği için iki kez tekrarlanır. FTA kartı daha sonra oda sıcaklığında gece boyunca hava ile kuruması için karanlıkta steril bir kabine yerleştirilir (Schweers vd., 2008).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Kalan dokulara (pelet) Eppendorf tüpünde 100 µL ek RSID™ evrensel tampon eklenir; iyice vortekslenir, santrifüjlenir ve oda sıcaklığında 1 saat inkübe edilir. Tüpteki 100 µL'nin tamamı daha sonra insan kanı tanımlaması için RSID™ örnek kuyusu kasetine pipetlenir. Örneklerin, 10 dakika boyunca RSID™ kasetinde yayılması sağlanır. İmmünolojik testlerde her örnek için 0 ile 5 arasında bir sinyal yoğunluğu derecesi belirlenir. Bu analizde 0 negatif reaksiyonu, 5 ise güçlü pozitif reaksiyonu gösterir. Test etkinliğini incelemek için her test kasetinde bulunan içsel negatif ve pozitif kontrol çizgilerine ek olarak, kitin düzgün çalıştığından emin olmak amacıyla test örnekleriyle birlikte bir negatif ve bir pozitif kontrol işlenir. Negatif kontrol olarak, insan kanıyla veya insan kanı dışı kanla beslenmeyen aç bırakılmış tahtakuruları kullanılır (Meiklejohn vd., 2025).

### 2.3 DNA İzolasyonu ve İnsan DNA Miktar Tayini

Her zaman aralığında toplanan en az iki tahtakurusu, yalnızca insan kanı ile beslenerek DNA izolasyonu için aktarılır. Kurutulmuş kan içeren FTA boyalı kartlardan toplam genomik DNA'nın izolasyonu ile insana ait DNA'nın kantitatif tayini, Schal ve arkadaşları tarafından açıklandığı şekilde belirlenir. Bu işlem, kurutulmuş kan içeren FTA boyalı kartın yaklaşık dörtte birinin fenol-kloroform-izoamil alkol (25/24/1, PCIA) ile DNA izolasyonunda girdi olarak kullanılmasını içerir. DNA, Amicon® Ultra-4 Santrifüj Filtrasyon tekniği kullanılarak 15 µL'ye konsantre edilir. İnsan erkeğine özgü DNA konsantrasyonu, Quantifiler® İnsan DNA Duo Miktar Tayin Kiti ile birlikte 7500 Gerçek Zamanlı PCR (Thermo Fisher Scientific) cihazı kullanılarak iki kez ölçülür (Schal vd., 2018). DNA bozunma düzeyini değerlendirmek amacıyla seçilen tahtakurularından izole edilen DNA, Quantifiler® Trio DNA Miktar Tayin Kiti (Applied Biosystems) kullanılarak iki kez daha ölçülür. DI <1 genellikle DNA'nın bozunmadığını, DI 1 ila 10 arası genellikle DNA'nın hafif ila orta derecede bozunduğunu, DI >10 (veya boş) ise genellikle DNA'nın önemli ölçüde bozunduğunu gösterir (Schal vd., 2018).

### 2.4 İnsan Erkek Y Kromozomu STR Amplifikasyonu

Tüm DNA örnekleri için PCR amplifikasyon reaksiyonları, üreticinin önerdiği protokole göre **(Amplification Fluorescent Short Tandem Repeat),** AmpFLSTR™ Yfiler™ PCR Amplifikasyon Kiti (Thermo Fisher Scientific) kullanılarak hazırlanır. DNA şablonu girdisi, son hacmi 25 µL olan PCR karışımında 1 ng değerindedir. Termal döngü, üreticinin talimatları doğrultusunda 96 kuyucuklu bir GeneAmp® PCR Sistemi 9700 (Bio-Rad, Hercules, CA) kullanılarak tamamlanır. Negatif (damıtılmış su) ve pozitif (007 ve 9947A; Thermo Fisher Scientific) kontroller, tahtakurusu DNA örnekleriyle birlikte çoğaltılır (Mulero vd., 2006).

### 2.5 İnsan Erkek Y Kromozomuna Özgü STR Profili

Tüm çoğaltılmış örnekler, ABI PRISM® 310 Genetik Analiz Cihazı (Thermo Fisher Scientific) kullanılarak kılcal elektroforez ile ayrılır. ABI 310 için örnek hazırlama işlemi; 24,5 µL Hi-Di™ Formamid (Thermo Fisher Scientific), 0,5 µL GeneScan™ 500 LIZ® Boyut Standardı (Thermo Fisher Scientific) ve 1 µL PCR çoğaltılmış ürün veya AmpFLSTR™ Yfiler™ Alelik Merdiven (Thermo Fisher Scientific) içerir. Reaksiyon tüpleri, denatürasyon adımı için 95°C'de

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

3 dakika ısıtılır ve hemen ardından -20°C'de 3 dakika dondurulur. Daha sonra çoğaltılmış örnekler genetik analiz cihazına yüklenir. Örnekler, 47 cm × 50 µm'lik bir kılcal tüp (Thermo Fisher Scientific) kullanılarak ayrılır. Amplifiye edilen ürünler 5 saniye boyunca elektrokinetik olarak enjekte edilir ve POP-4® Polimer (Thermo Fisher Scientific) kullanılarak bir ABI Prism 310 Genetik Analiz Cihazında fraksiyonlara ayrılır. Tüm örnekler, GeneMapper ID® v3.2.1 (Thermo Fisher Scientific) yazılımı kullanılarak analiz edilir ve tüm boyalar için 100 bağıl floresan birimi analitik eşik değeri olarak kabul edilir (Meiklejohn vd., 2025).

### 2.6 İstatiksel Analizler

Ham DNA kantifikasyon verileri, genotiplenmiş aleller ve bağıl floresan birimi (RFU) cinsinden ilişkili pik yüksekliklerini içeren GeneMapper ID v3.2.1 çıktısıyla birlikte Microsoft Excel'e (Microsoft, Redmond, WA, ABD) aktarılır. Hesaplamalar; ortalama DNA verimlerini, alel pik yüksekliklerini, doğru alel çağrılarının yüzdesini ve Pearson korelasyon analizlerini kapsamalıdır (Meiklejohn vd., 2025).

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1 Yatak Böceklerinden İnsan Kanının Doğrulanması

Tahtakurularında insan kanı varlığını tespit etmek amacıyla Rapid Stain Identification (RSID™) kan testi uygulanabilir. Bu kitin, diğer insan vücut sıvılarıyla (tükürük, meni, anne sütü, amniyotik sıvı, vajinal sıvı veya idrar) ya da çeşitli hayvan türlerinden (gelincik, kokarca, keseli sıçan, köpek, kedi, inek, domuz, tavuk, baykuş, at, keçi, kaplumbağa, geyik, kaplan, alpaka, orangutan, goril, örümcek maymunu, bonobo ve babun) alınan kan örnekleriyle çapraz reaksiyona girmediği ve yalnızca insan kanına özgü pozitif sonuç verdiği doğrulanmıştır.

İnsan kanı, erkek bireylerin kanıyla beslenen tahtakurularından beslenme sonrası “Post-Blood Meal" (PBM) 0 ile 108. saatler arasında tespit edilebilir. RSID™ kan testinin sinyal yoğunluğu PBM süresi arttıkça azalmaktadır (sırasıyla r = -0,82 ve r = -0,69; Schweers vd., 2008).

### 3.2 Yatak Böceklerinden DNA Miktar Tayini

Erkek insan kanıyla beslenen tahtakurularından elde edilen toplam DNA verimi, tespit sınırının altındaki değerlerden başlayarak 23 pg/µL ile 5,43 ng/µL arasında değişkenlik göstermektedir. Karma (kadın+erkek) kanla beslenen örneklerden elde edilen toplam insan DNA miktarının, yalnızca erkek kanıyla beslenenlere kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. Her iki tahtakurusu kohortunda da en yüksek erkek DNA verimi, beslenme sonrası (PBM) 12. saatte toplanan örneklerden elde edilmiştir. Bu bulgu, kanın yutulmasından kısa bir süre sonra hücre lizinin başladığına dair ön gözlemlerle tutarlılık göstermekte ve bu durumun lökositlerden DNA izolasyonunu kolaylaştırdığı düşünülmektedir (Meiklejohn vd., 2025).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

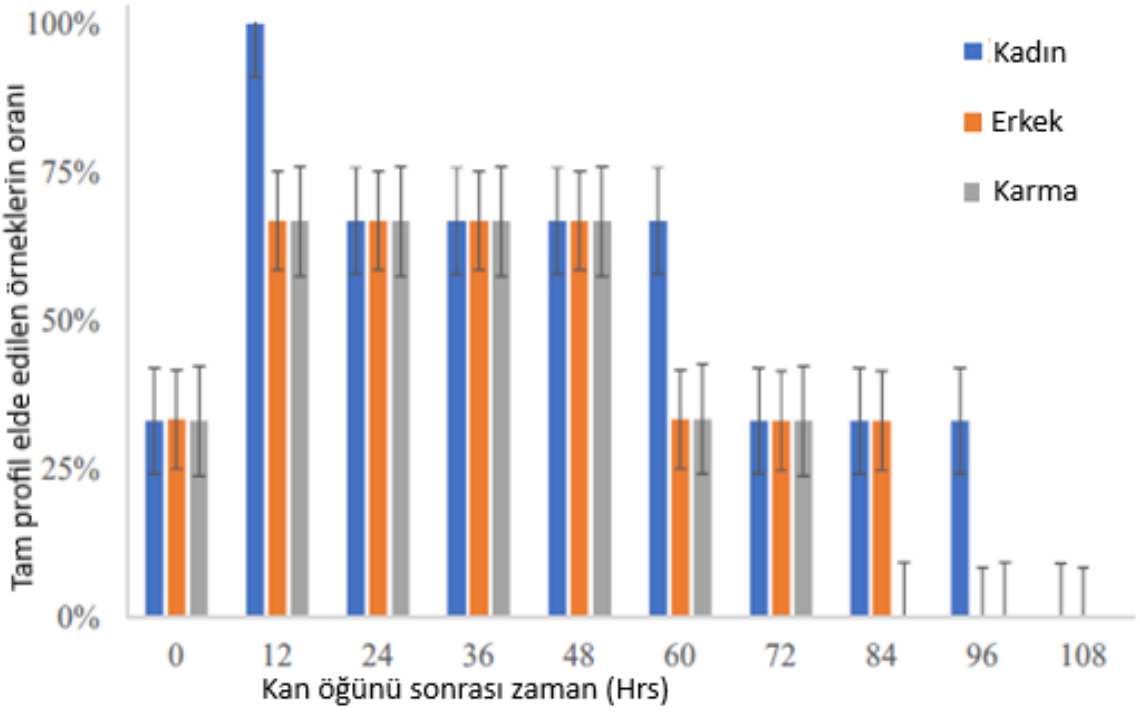
AmpFLSTR™ Yfiler™ PCR Amplifikasyon Kiti için önerilen 1 ng'lık DNA miktarı baz alındığında; yalnızca erkek kanıyla beslenen tahtakurularında, PBM 36-60. saatlere kadar toplanan örneklerin amplifikasyon için en uygun DNA girişine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tahtakurusu başına düşen verim dikkate alındığında; 'bead beating' (boncuklu parçalama) tipi homojenizatörler gibi daha efektif izolasyon yöntemlerinin kullanılmasıyla daha yüksek DNA verimleri elde edilmesi mümkündür (Meiklejohn vd., 2025).

### 3.3 İnsan Erkek Y Kromozomuna Özgü STR Profili

Beslenme sonrası (PBM) 108. saate kadar toplanan tahtakurularından izole edilen DNA üzerinden Y-STR (Short Tandem Repeat) profillemesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu durum, tek bir tahtakurusundan yeterli miktarda ve nitelikte erkek insan DNA'sının izole edilebileceğini, çoğaltılabileceğini ve profillenebileceğini ortaya koymuştur. Tam Y-STR profilleri; yalnızca erkek kanıyla beslenen örneklerde 72. saate, karma kanla beslenen örneklerde ise 60. saate kadar elde edilebilmiştir. Bu sürelerin ötesindeki zaman noktalarında ise yalnızca kısmi profillere ulaşılmıştır (Görsel 1) (Schal vd., 2018).

Hücre lizisi ve bunu takip eden hücresel içeriğin sindirilmesi süreçlerinin sürekliliği göz önüne alındığında, 60.saatten sonraki evrelerde bu biyolojik mekanizmaların, izolasyon için mevcut lökosit miktarını belirgin düzeyde azalttığı düşünülmektedir. Dikkat çekici bir bulgu olarak, AmpFLSTR™ Yfiler™ PCR Amplifikasyon Kiti için önerilen miktarın 1/50 katı kadar daha az DNA kullanıldığında dahi tam profiller elde edilmiştir. Örneğin, yalnızca erkek kanıyla beslenen ve PBM 72. saatte toplanan bir tahtakurusundan sadece 0,02 ng toplam erkek insan DNA'sı elde edilmesine rağmen tam profil başarısına ulaşılmıştır (Schal vd., 2018).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 1. Tahtakurularından ekstrakte edilen kadın, erkek ve karma (kadın+erkek) kan DNA'sı ile elde edilen tam insan otozomal STR profil yüzdesi. Ince çubuklar, ortalamanın standart hatasını (SEM) temsil etmektedir (Schal vd., 2018).**

Ortalama insan DNA konsantrasyonu, erkek insan kanıyla beslenen tahtakurularında 0-108 saat, karma kanla beslenenlerde ise 0-96 saatlik süreçte azalma göstermiştir. Elde edilen insan DNA miktarını Y-STR belirteçlerinin pik yüksekliğiyle ilişkilendirmek amacıyla; kısa (<165 bp; DYS456), orta (166–240 bp; DYS391 ve DYS635) ve uzun (>240 bp; DYS392) olmak üzere üç farklı uzunluktaki lokus grubu karşılaştırılmıştır.

Genel olarak, hem PBM süresine hem de lokus uzunluğuna bağlı olarak pik yüksekliğinde bir düşüş gözlenmiştir. Tüm lokuslar (kısa, orta ve uzun) için hesaplanan ortalama RFU değerleri, her iki tahtakurusu kohortu ve tüm PBM zaman dilimleri bazında Çizelge 1'de sunulmuştur.

Analitik eşik değeri 100 RFU olarak uygulandığında; orta ve uzun lokusların, beslenmeden 96 saat veya daha fazla süre sonra toplanan örneklerde eşik değerin altına düştüğü saptanmıştır. Buna karşın, 50 RFU gibi daha düşük bir analitik eşik değeri uygulandığında, daha uzun PBM süreleri için daha kapsamlı Y-STR profilleri elde edilebilmiştir (Çizelge 1). Bu veriler; tahtakurularından DNA eldesi için optimum PBM süresinin 60 saatten az olduğunu, ancak çoğunlukla kısa lokuslardan oluşan kısmi profillerin beslenme sonrası 4-5. günlerde dahi oluşturulabileceğini ortaya koymaktadır (Meiklejohn vd., 2025).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 3.4 Bozulma İndeksi

Her bir beslenme sonrası (PBM) zaman noktasında, tek bir tahtakurusunun tekrarlanan reaksiyonlarından elde edilen ortalama DNA İndeksi (DI) verileri Çizelge 1'de sunulmuştur. Yalnızca erkek kanıyla ve karma (kadın+erkek) kanla beslenen tahtakurularında, PBM süresi ile DI arasında orta düzeyde pozitif bir korelasyon saptanmıştır (sırasıyla r = 0,59 ve r = 0,68). Bu bulgu, PBM süresi uzadıkça DNA bozulmasının (degradasyonunun) arttığını kanıtlamaktadır.

Her iki tahtakurusu kohortunda da lokus uzunluğuna (tümü, kısa, orta ve uzun) bağlı olarak, DI ile ortalama pik yükseklikleri arasında negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Bu durum, DNA indeksi arttıkça (yani DNA kalitesi düştükçe) ortalama pik yüksekliklerinin azaldığını göstermektedir.

Ayrıca, PBM süresi ile doğru alel tespiti (call rate) yüzdesi arasında güçlü bir negatif korelasyon gözlenmiştir (erkek kanı için r = -0,73; karma kan için r = -0,70). Bu veriler, beslenme sonrası sürenin profil doğruluğu üzerindeki belirleyici etkisini vurgulamaktadır (Görsel 2) (Meiklejohn vd., 2025).

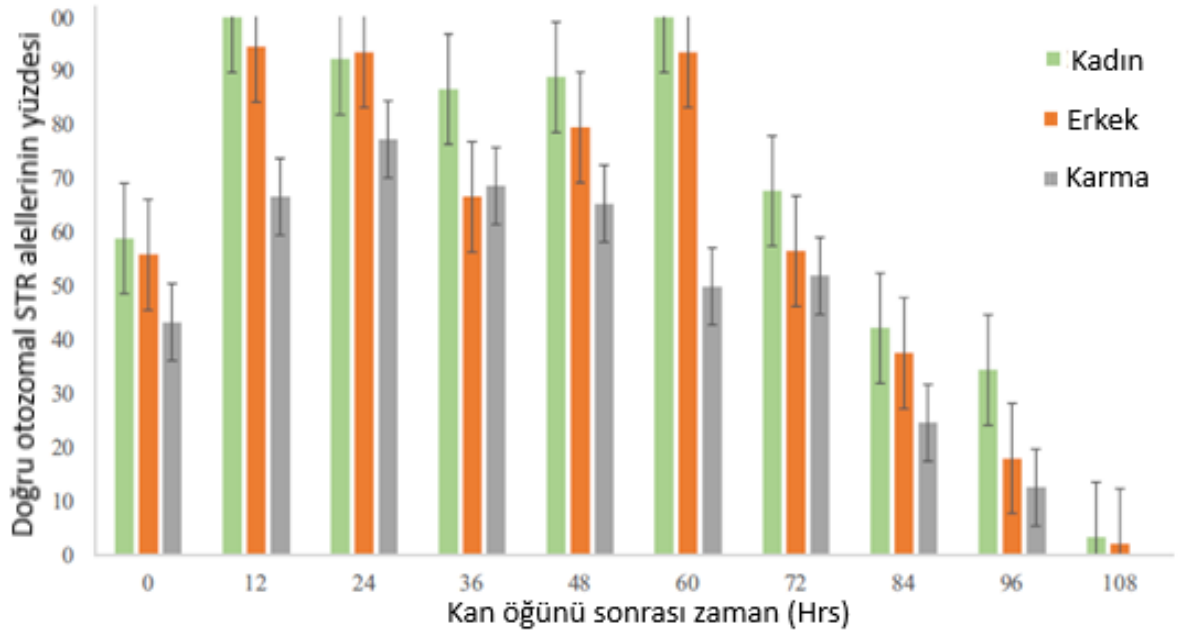
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Çizelge 1. İnsan kadın, erkek ve karma (kadın ve erkek) kanından 0-108 saat arasında 12 saat aralıklarla beslenen bir tahtakurusundan elde edilen insan DNA'sı, referans (kadın ve erkek) örnekleriyle karşılaştırılmıştır. Referans olarak saf, defibrine edilmiş kadın ve erkek insan kanı kullanılmıştır (Schal vd., 2018).**

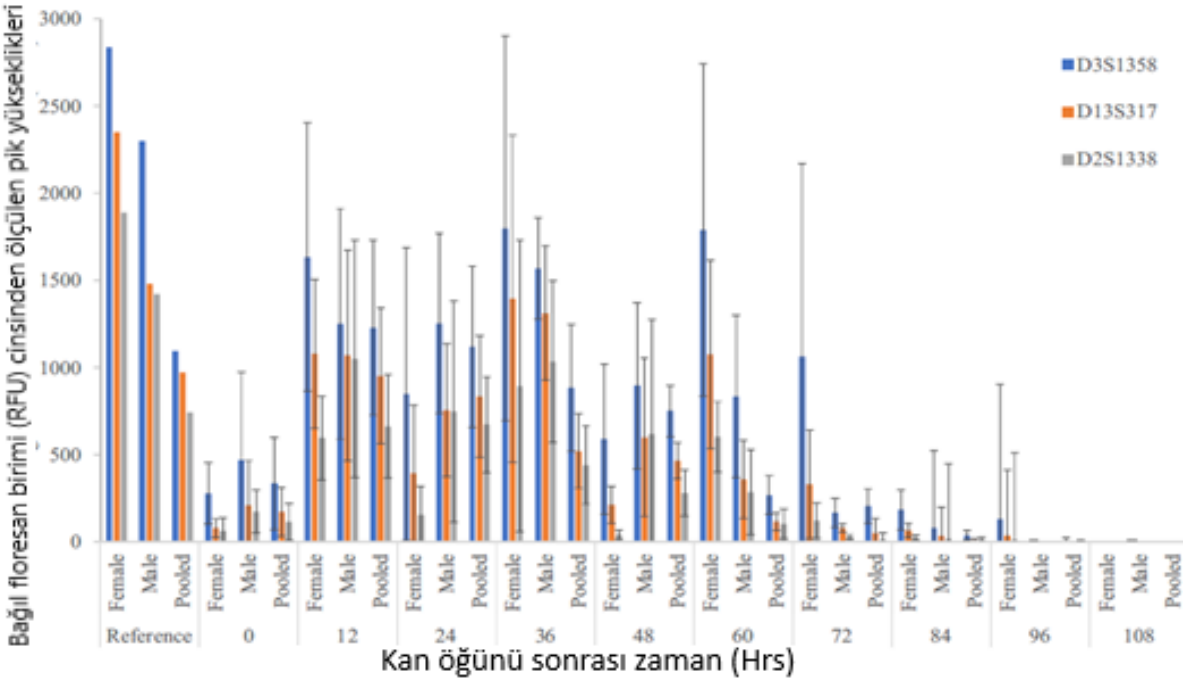
| Yatak böceğinin kan emme işleminden sonra geçen süre (saat) | İzole edilmiş DNA hacmi (mL) | Ortalama İnsan kadın DNA (ng/mL) | Toplam insan kadın DNA, bir yatak böceğinden (ng/Bb) |
|---|---|---|---|
| 0 | 15 | 0.202 | 3.035 |
| 12 | 15 | 1.225 | 18.370 |
| 24 | 15 | 0.965 | 14.480 |
| 36 | 15 | 0.741 | 11.110 |
| 48 | 15 | 0.502 | 7.526 |
| 60 | 15 | 1.118 | 16.765 |
| 72 | 15 | 0.267 | 4.012 |
| 84 | 15 | 0.048 | 0.718 |
| 96 | 15 | 0.152 | 2.284 |
| 108 | 15 | 0.013 | 0.198 |
| Referans kan | 15 | 1.4 | 21 |

| Ortalama insan erkek DNA (ng/mL) | Toplam insan erkek DNA'sı bir yatak böceğinden (ng/Bb) | Ortalama (kadın+erkek) insan DNA (ng/mL) | Toplam (kadın+erkek) insan DNA'sı bir yatak böceğinden (ng/Bb) |
|---|---|---|---|
| 0.111 | 1.665 | 0.019 | 0.278 |
| 0.36 | 5.4 | 0.220 | 3.306 |
| 0.155 | 2.325 | 0.366 | 5.49 |
| 0.21 | 3.15 | 0.196 | 2.94 |
| 0.149 | 2.235 | 0.075 | 1.131 |
| 0.075 | 1.119 | 0.072 | 1.082 |
| 0.014 | 0.206 | 0.043 | 0.645 |
| 0.041 | 0.615 | 0.011 | 0.167 |
| 0.007 | 0.106 | 0.009 | 0.137 |
| 0.012 | 0.186 | N/A | N/A |
| 0.71 | 10.65 | 1 | 15 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 2. Tahtakurularından ekstrakte edilen dişi, erkek ve karma (kadın+erkek) kan örnekleri için doğru otozomal STR alel çağrılarının yüzdesi. Çubuklar, ortalamanın standart hatasını (SEM) temsil etmektedir (Schal vd., 2018).**




**Görsel 3. Kadın, erkek ve karma (kadın+erkek) kan öğünü örnekleri için düşük (D3S1358), orta (D13S317) ve yüksek (D2S1338) moleküler ağırlıklı otozomal STR belirteçlerindeki ortalama tepe yükseklikleri. Veriler, DNA'nın zamanla bozulduğunu göstermektedir. Çubuklar, ortalamanın standart hatasını (SEM) temsil etmektedir (Schal vd., 2018).**

.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Tahtakurularındaki kan öğünü sindirim oranını belirlemek ve bir referans numuneyle eşleşebilecek veya veri tabanlarında taranabilecek nitelikteki DNA profillerinin elde edilme süresini anlamak amacıyla üç farklı otozomal STR belirteci analiz edilmiştir. Bu bağlamda kullanılan D3S1358, D13S317 ve D2S1338 lokusları; STR kiti içerisinde sırasıyla düşük, orta ve yüksek moleküler ağırlıklı belirteçleri temsil etmektedir (Görsel 3) (Sasínková vd., 2024).

D3S1358 lokusu, 3. kromozomun kısa kolu (3p21.31) üzerinde konumlanan ve adli genetik analizlerde yaygın olarak kullanılan bir Kısa Ardışık Tekrar (STR) belirtecidir. Yapısal olarak genellikle [TCTA] ve [TCTG] baz dizilerinin tekrarlarından oluşur. D3S1358, görece küçük amplikon boyutu sayesinde, bozulmaya uğramış (degrade) örneklerde dahi hassas analizlere imkan tanıyan kritik bir genetik bölgedir (Momhinweg vd., 1998). D13S317 lokusu ise 13. kromozomun uzun kolunda (13q31.1) yer alan ve bireyler arasında tekrar sayısı değişkenlik gösteren bir [TATC]n tetranükleotid dizisidir. Orta moleküler ağırlıklı bir veri kaynağı olan D13S317, yüksek oranda parçalanmış veya eser miktardaki (low-template) DNA örneklerinde (örneğin arkeolojik kemikler veya temas DNA'sı) standart primerlerin yetersiz kaldığı durumlarda, daha kısa amplikonlar üreten 'miniSTR' teknikleriyle kimliklendirme yapılmasına olanak tanır. D13S317, birey eşleştirmesi ve ebeveynlik testlerinde yüksek ayırt edicilik (power of discrimination) gücüne sahiptir (Stanley vd., 2020).

İnsan genomunda, özellikle adli tıp ve ebeveynlik testlerinde kullanılan D2S1338 lokusu, yüksek moleküler ağırlıklı bir Kısa Ardışık Tekrar (STR) belirtecidir. Sahip olduğu yüksek genetik varyasyon ve polimorfizm düzeyi sayesinde, kişiye özel genetik imzanın bir parçası olarak birey tanımlamasında güçlü bir ayırt edicilik gücüne sahiptir (Ahmad vd., 2021). Bu belirteçlerdeki pik yükseklikleri, zamanla paralel olarak DNA'nın uğradığı degradasyonu (bozulmayı) açıkça ortaya koymuştur. Beklendiği üzere, yüksek moleküler ağırlıklı bir belirteç olan D2S1338, orta (D13S317) ve düşük (D3S1358) moleküler ağırlıklı belirteçlere kıyasla zaman içinde daha yüksek bozulma oranları sergilemiştir (Görsel 4). Veriler; kadın kanıyla beslenen tahtakurularında beslenme sonrası 96. saate, erkek kanıyla beslenenlerde 84. saate ve karma (kadın+erkek) kanla beslenenlerde ise 72. saate kadar %100 doğrulukla pozitif kimlik tespiti yapılabildiğini göstermektedir. Muhtemelen sindirim enzimlerinin ve nükleazların birleşik aktiviteleri, yutulan kanı hızlı bir şekilde bozmuş; bu durum havuzlanmış örneklerde 72. saatten, erkek kanı örneklerinde ise 84. saatten sonra tam otozomal STR profili elde edilmesini engellemiştir (Görsel 3) (Schal vd., 2018).

Beslenmenin hemen ardından (0. saat); kadın, erkek ve karma (kadın+erkek) kan gruplarının tamamında doğru alel tespiti (call rate) oranının düşük seyretmesi (~%55), tahtakurularından geri kazanılan insan DNA miktarının yetersizliği ile paralellik göstermektedir (ortalama kadın kanı = 0,202 ng/µL; ortalama erkek kanı = 0,111 ng/µL ve ortalama havuzlanmış kan = 0,019 ng/µL). Bu durum, beslenmenin başlangıcında izole edilebilir haldeki lökosit miktarının veya serbest DNA konsantrasyonunun henüz beklenen düzeye ulaşmamış olabileceğini düşündürmektedir (Çizelge 1; Schal vd., 2018).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Diğer birçok kan emici eklembacaklının aksine tahtakurularında, tüm yaşam evreleri konak kanıyla beslenmektedir. Ergin dişiler daha yüksek miktarlarda kan yutsa da nimfler (yavrular) belirgin şekilde daha düşük hacimlerde beslenmektedir. Yine diğer kan emicilerden farklı olarak, tam doygunluğa ulaşan tahtakuruları aldıkları tek bir kan öğününü bir sonraki yaşam evresine geçmek veya yaklaşık 10-15 gün boyunca yumurta üretimi için kullanabilmektedir. Bu biyolojik özellik, tahtakurularında farklı konaklara ait kanların birbirine karışma olasılığının diğer kan emicilere kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. Adli soruşturmalar açısından önemli husus, yutulan konak kanının hacminden ziyade; DNA içeriği, örneğin saptanabilir düzeydeki insana özgü STR belirteçlerinin varlığıdır (Curic vd., 2014).

Schal vd. (2018) tarafından elde edilen bulgular, diğer kan emici böceklerde olduğu gibi, tahtakurularındaki insan DNA içeriği ve kalitesinin zamanla önemli ölçüde azaldığını kanıtlamaktadır. Bu bağlamda, tahtakurularından başarılı bir DNA profili oluşturma kapasitesi; yalnızca yutulan kanın hacmine değil, aynı zamanda böceğin sindirim sürecine (kinetiğine) doğrudan bağlıdır. Bu nedenle, olay yeri inceleme teknisyenlerinin doygun ve aç tahtakuruları arasındaki morfolojik farkları ayırt edebilecek düzeyde eğitilmesi kritik bir öneme sahiptir.

Tahtakuruları tarafından yutulan kadın kanının, erkek kanına kıyasla 24 saat, kadın+erkek karma kan örneklerine kıyasla ise 36 saat daha uzun süre (beslenme sonrası 108. saate kadar) STR belirteçlerinde tam bir kayıp sergilemediği gözlenmiştir. Bu durum, kadın kanındaki DNA stabilitesinin belirli bir süre daha korunduğunu düşündürmektedir. Ancak bu bulgu; farklı tahtakurusu kohortları, doğal beslenme koşulları ve daha geniş bir bağışçı yelpazesi ile doğrulanana kadar ihtiyatla karşılanmalıdır. Yine de söz konusu sonuçlar, insan kanı sindirim oranının konak kanının kaynağına ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğine dair önemli bir veri sunmaktadır (Schal vd., 2018). Tahtakuruları genellikle gece, konak uyku halindeyken beslenir ve çoğunlukla tek bir seansta beslenme sürecini tamamlar. Ancak bazı durumlarda beslenme süreci kesintiye uğrayabilir ve böcek, farklı bir konaktan beslenmeye devam edebilir. Bu durum, tahtakurusu içinde iki farklı bireye ait karma kan örneklerinin oluşmasına yol açar (Cater vd., 2011).

Schal vd. (2018) tarafından yapılan araştırmada, bir tahtakurusuna kadın ve erkek konaktan alınan karma kanın yedirilmesi sonucunda, başarılı bir şekilde 'karma DNA profili' (mixed DNA profile) elde edilebileceği kanıtlanmıştır. Bu karma profiller, beslenme sonrası 72. saate kadar referans kan örnekleriyle tam uyum göstermiştir. Söz konusu bulgular, tek bir tahtakurusu örneği üzerinden birden fazla şüphelinin veya mağdurun kimlik tespitinin yapılabilmesinin mümkün olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, profildeki her bir bireyin genetik katkı oranı; her bir denekten emilen kan miktarına ve beslenme seansları arasında geçen süreye bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Sonuçlar ve Sınırlamalar**

Bu çalışma, kadın, erkek veya karma kanla beslenen tahtakurularından yeterli miktar ve kalitede insan DNA'sı izole edilebileceğini ve adli DNA analiz yöntemlerinin bu örnekler üzerinde başarıyla uygulanabileceğini doğrulamaktadır.

İnsan STR profili veya profillerinin elde edilebilirliği, başlangıçta yutulan kanın hacmine ve tahtakurusu bünyesindeki DNA degradasyon (parçalanma) oranına doğrudan bağlıdır. Tahtakuruları; yüksek beslenme kapasiteleri, sindirim kinetikleri, uzun yaşam döngüleri ve kendilerine has ekolojik özellikleri sayesinde, suç mahallinde bulunabilecek diğer kan emici eklembacaklı türlerine kıyasla insan genotiplemesi için çok daha elverişli kaynaklar sunmaktadır.

Deneysel çalışmalarda örnekler genellikle %95'lik etanol içerisinde toplanmakta ve derhal -80°C'de muhafaza edilmektedir. Ancak, gerçek olay yeri koşullarını daha iyi simüle edebilmek adına, gelecek araştırmalar farklı depolama koşullarının (örneğin; oda sıcaklığı, etanol yerine kağıt torbada saklama veya farklı nem oranları) hem otozomal hem de Y-STR profillerinin geri kazanımı üzerindeki etkilerini incelemeyi hedeflemelidir.

Deneysel çalışmalarda tahtakuruları 27°C sıcaklıkta inkübe edilmektedir. Ancak ev ortamındaki daha düşük ortalama sıcaklıklar, kan sindirimini ve dolayısıyla DNA bozulmasını yavaşlatarak ölçülebilir insan DNA'sının elde edilebileceği beslenme sonrası (PBM) süresini muhtemelen uzatacaktır.

Mevcut deneysel modellerde yapay bir besleme sistemi, defibrinize (pıhtılaşma faktörlerinden arındırılmış) insan kanı ve tam doygunluğa ulaşmış tahtakuruları kullanılmaktadır. Antikoagülanla işlem görmüş kan ile doğal tam kanın öğün boyutları benzerlik gösterse de, gelecek çalışmaların doğrudan insan üzerinden beslenen ve 'kısmi kan öğünü' alan (tam doymamış) tahtakurularını da kapsaması gerekmektedir.

Bu 'kavram kanıtlama' çalışmasının bulguları; daha geniş örneklem grupları, farklı kan bağışçıları ve ek STR profilleme kitleri ile desteklenerek tekrarlanmalıdır. Elde edilen bu sonuçlar, suç mahallinde genellikle gözden kaçan bir veri kaynağı olan tahtakurularının, insan genomik DNA'sı sağlama potansiyelini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, olay yeri inceleme ekipleri, suç mahalli araştırmaları sırasında karşılaştıkları tahtakurularını potansiyel birer biyolojik delil olarak toplamayı mutlaka değerlendirmelidir.

## KAYNAKÇA

Ahmad, S., Ali, S., Siddique, N., Ahmad, Q. L., Amjad, M., & Tahir, M. A. (2021). A Unique Allele Variant at STR Locus D2S1338 in a Paternity Testing Case. *Arab Journal of Forensic Sciences & Forensic Medicine*, *3*(1), 109-117.

Ahmed, A. M., Alotaibi, AM, Al-Qahtani, W. S., Tripet, F., & Amer, S. A. (2023). Forensic DNA analysis of mixed mosquito blood meals: STR profiling for human identification. *Insects*, *14*(5), 467. https://doi.org/10.3390/insects14050467.

Cater, J., Magee, D., Hubbard, S. A., Edwards, K. T., & Goddard, J. (2011). Severe infestation of bed bugs in a poultry breeder house. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *239*(7), 919–922. https://doi.org/10.2460/javma.239.7.919.

Curic, G., Hercog, R., Vrselja, Z., & Wagner, J. (2014). Identity of person and quantification of human DNA retrieved from mosquitoes (Culicidae). *Forensic Science International: Genetics*, *8*(1), 109–112. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.07.011.

Kayser, M., & Ballantyne, K. N. (2023). Y chromosome in forensic science. In D. Primorac & M. Schanfield (Eds.), *Forensic DNA Applications* (2nd ed., pp. 87–112). CRC Press.

Knapp, E., Cappas, V., & Roy, R. (2024). Generation of human STR DNA profiles from blood ingested by leeches. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, *57*(1), 20–35. https://doi.org/10.1080/00085030.2023.2177392.

Meiklejohn, K. A., Schal, C., & Lodhi, K. M. (2025). Bed bugs, Cimex lectularius: Undercover agents in forensic investigations. *Journal of Forensic Sciences*, *70*(1), 264-270.

Miller, D. M., Polanco, A., & Rogers, J. (2019). *Bed bug biology and behavior*. Virginia Cooperative Extension. https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/c51e4e67-c19d-44cc-a90b-1b9c51e998cc/content.

Momhinweg, E., Luckenbach, C., Fimmers, R., & Ritter, H. (1998). D3S1358: Sequence analysis and gene frequency in a German population. *Forensic science international*, *95*(2), 173-178.

Mulero, J. J., Chang, C. W., Calandro, L. M., Green, R. L., Li, Y., Johnson, C. L., et al. (2006). Development and validation of the AmpFℓSTR® Yfiler™ PCR amplification kit: A male-specific, single amplification 17 Y-STR multiplex system. *Journal of Forensic Sciences*, *51*(1), 64–75. https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2005.00016.x.

Roewer, L., Andersen, M. M., Ballantyne, J., Butler, J. M., Caliebe, A., Corach, D., et al. (2020). DNA Commission of the International Society for Forensic Genetics (ISFG): Recommendations on the interpretation of Y-STR results in forensic analysis. *Forensic Science International: Genetics*, *48*, 102308. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2020.102308.

Sasínková, M., Křemenová, J., Chajma, P., Bartonička, T., Massino, C., Otti, O., et al. (2024). Changes in body size and fecundity due to artificial and natural feeding of common bed bugs (Heteroptera: Cimicidae) in the laboratory. *Journal of Medical Entomology*, *61*(1), 34–45. https://doi.org/10.1093/jme/tjad083.

Schal, C., Czado, N., Gamble, R., Barrett, A., Weathers, K., & Lodhi, K. M. (2018). Isolation, identification, and time course of human DNA typing from bed bugs, Cimex lectularius. *Forensic science international*, *293*, 1-6.

Schal, C., Czado, N., Gamble, R., Barrett, A., Weathers, K., & Lodhi, K. M. (2018). Isolation, identification, and timeline of human DNA typing from bed bugs (*Cimex lectularius*). *Forensic Science International*, *293*, 1–6.

https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.10.008.

Schweers, B. A., Old, J., Boonlayangoor, P. W., & Reich, K. A. (2008). Developmental validation of a novel lateral flow strip test (Rapid Stain Identification™-Blood) for the rapid identification of human blood. *Forensic Science International: Genetics*, *2*(3), 243–247. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2007.12.006.

Sierras, A., & Schal, C. (2017). Comparison of ingestion and topical application of insecticides against the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Pest Management Science*, *73*(3), 521–527. https://doi.org/10.1002/ps.4464.

Stanley, U. N., Khadija, A. M., Bukola, A. T., Precious, I. O., & Davidson, E. A. (2020). Forensic DNA profiling: autosomal short tandem repeat as a prominent marker in crime investigation. *The Malaysian journal of medical sciences: MJMS*, *27*(4), 22.

Steffen, C. R., Huszar, T. I., Borsuk, L. A., Vallone, P. M., & Gettings, K. B. (2022). Multidimensional evaluation of the 'NIST 1032' sample set across four forensic Y-STR multiplexes. *Forensic Science International: Genetics*, *57*, 102655. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102655.

Szalanski, A. L., Austin, J., McKern, J., McCoy, T., & Miller, D. (2006). Timeline analysis of human blood meals of the bed bug, *Cimex lectularius* L. (Hemiptera: Cimicidae), using polymerase chain reaction. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, *23*(4), 237.

Thompson, J. M., Ewing, M. M., Frank, W. E., Pogemiller, J. J., Nolde, C. A., Koehler, J. J., et al. (2013). Developmental validation of the PowerPlex® Y23 System: A single multiplex Y-STR analysis system for casework and database samples. *Forensic Science International: Genetics*, *7*(2), 240–250. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.10.013.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# *SCHYZOCOTYLE ACHEILOGNATHI* (PLATYHELMINTHES) TÜRÜNDE INTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ITS) GEN DİZİSİNİN TANIMLAMASI

**Prof. Dr. Mehmet Oğuz ÖZTÜRK**
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
E-posta Adresi: oozturk@aku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7263-3585

## ÖZET

Balık parazitleri arasında yer alan *Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934), geniş konak yelpazesine sahip olması ve istilacı özellik göstermesi nedeniyle dünya genelinde önemli sestod türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu araştırmada, Eber Gölü (Afyonkarahisar)'nde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L.) balıklarının bağırsaklarından elde edilen 7 *Schyzocotyle acheilognathi* izolatının ITS bölgesine ait DNA dizileri moleküler olarak karakterize edilmiştir. Elde edilen ITS dizilerinin uzunluklarının 820–924 bp arasında değiştiği ve izolatların birbirleriyle %98,3–99,1 oranında yüksek dizi benzerliği gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, araştırma kapsamında incelenen izolatların aynı takson içerisinde yer aldığını desteklemektedir. Çalışmaya ait ITS dizileri ile GenBank veri tabanında bulunan *Schyzocotyle acheilognathi* izolatlarına ait referans diziler arasında ikili dizi karşılaştırmaları gerçekleştirilmiştir. PAUP kullanılarak oluşturulan ITS veri setine dayalı mesafe matrisi incelendiğinde, araştırma izolatları ile GenBank'ta kayıtlı diğer *S. acheilognathi* izolatları arasındaki toplam ve ortalama karakter farklılıklarının oldukça düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, araştırmada elde edilen 7 izolatın GenBank'ta yer alan diğer *S. acheilognathi* izolatlarıyla filogenetik ilişkileri Maximum Likelihood Estimation (MLE) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Filogenetik analiz sonucunda, incelenen izolatların GenBank kökenli *S. acheilognathi* örnekleriyle evrimsel açıdan oldukça yakın konumlandığı görülmüştür. Sonuç olarak, *S. acheilognathi* örneklerinin taksonomik kimliği ITS dizi verileriyle moleküler düzeyde doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçların, *S. acheilognathi*'nin politipik veya monotipik taksonomik yapısına ilişkin değerlendirmelere ve türün kökeni ile küresel genetik çeşitliliğinin anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Cyprinus carpio*, ITS, Eber Gölü, *Schyzocotyle acheilognathi*

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# IDENTIFICATION OF INTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ITS) GENE SEQUENCE IN THE SPECIES SCHYZOCOTYLE ACHEILOGNATHI (PLATYHELMINTHES)

**Prof. Dr. Mehmet Oğuz ÖZTÜRK**
Afyon Kocatepe University Science and Literature Faculty
Department of Molecular Biology and Genetics
E-mail: oozturk@aku.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7263-3585

## ABSTRACT

Schyzocotyle acheilognathi (Yamaguti, 1934), a fish parasite, is considered one of the most important cestode species worldwide due to its wide host range and invasive characteristics. In this study, the DNA sequences of the Internal Transcribed Spacer (ITS) region of 7 Schyzocotyle acheilognathi isolates obtained from the intestines of carp (Cyprinus carpio L.) living in Lake Eber (Afyonkarahisar) were molecularly characterized. The lengths of the obtained ITS sequences ranged from 820–924 bp, and the isolates showed a high sequence similarity of 98.3–99.1%. These findings support the idea that the isolates examined in this study belong to the same taxon. Pairwise sequence comparisons were performed between the ITS sequences of this study and the reference sequences of Schyzocotyle acheilognathi isolates found in the GenBank database. When the distance matrix based on the ITS dataset created using PAUP was examined, it was determined that the total and average character differences between the research isolates and other S. acheilognathi isolates registered in GenBank were at a very low level. In addition, the phylogenetic relationships of the 7 isolates obtained in the study with other S. acheilognathi isolates in GenBank were evaluated using the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method. As a result of the phylogenetic analysis, it was seen that the examined isolates are evolutionarily quite close to the S. acheilognathi samples from GenBank. In conclusion, the taxonomic identity of S. acheilognathi samples were confirmed at the molecular level with ITS sequence data. It is thought that the obtained results will contribute to evaluations regarding the polytypic or monotypic taxonomic structure of S. acheilognathi and to studies aimed at understanding the origin of the species and its global genetic diversity.

**Key Words:** *Cyprinus carpio*, ITS, Lake Eber, *Schyzocotyle acheilognathi*

## 1. GİRİŞ

Cestoda sınıfına ait bağırsak parazitleri, konaklarında büyüme geriliği, beslenme bozuklukları, bağırsak epiteline mekanik hasar ve yüksek yoğunluklu enfeksiyonlarda mortaliteye varan ciddi patolojik değişikliklere neden olabilmektedir (Hoole vd., 2001). Bu parazitler arasında yer alan Schyzocotyle acheilognathi (Yamaguti, 1934), geniş konak spektrumu ve istilacı karakteri nedeniyle dünya çapında en dikkat çeken balık sestodlarından biri olarak kabul edilmektedir (Scholz, 1997).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Schyzocotyle acheilognathi, ilk olarak Doğu Asya'da tanımlanmış olup, sazan yetiştiriciliği, balık stoklama faaliyetleri ve küresel su ürünleri ticareti aracılığıyla günümüzde tüm kıtalara yayılmış kozmopolit bir parazit türüdür (Scholz, 1997; Hoffman, 1999). Tür, başta Cyprinidae olmak üzere 200'den fazla tatlı su balığı türünü enfekte edebilmekte ve özellikle juvenil balıklarda ciddi bağırsak tıkanıklıkları ile yüksek ölüm oranlarına neden olabilmektedir (Brouder ve Hoffnagle, 1997; Scholz vd., 2012). Bu geniş konak uyumu ve yüksek yayılma kapasitesi, türün biyocoğrafik kökeni, yayılış yolları ve populasyon yapısının anlaşılmasını önemli hale getirmiştir.

Son yıllarda S. acheilognathi'nin sistematik konumu da yeniden değerlendirilmiştir. Tür uzun yıllar Bothriocephalus acheilognathi adı altında sınıflandırılmış olsa da, morfolojik karakterler ve moleküler filogenetik veriler temelinde yapılan revizyonlar sonucunda Schyzocotyle cinsine aktarılmıştır (Brabec vd., 2015). Bununla birlikte, farklı coğrafi bölgelerden elde edilen populasyonlarda gözlenen morfolojik varyasyonlar ve sınırlı moleküler farklılıklar, türün monotipik mi yoksa kriptik çeşitlilik içeren politipik bir yapı mı sergilediği konusundaki tartışmaları tamamen sonlandırmış değildir (Brabec vd., 2015; Scholz vd., 2012). Bu nedenle farklı coğrafi populasyonlardan elde edilen moleküler verilerin artırılması, türün evrimsel tarihi ve küresel genetik çeşitliliğinin daha doğru biçimde ortaya konulmasına katkı sağlamaktadır.

Helmintlerin moleküler tanımlanmasında ribozomal DNA'nın Internal Transcribed Spacer (ITS) bölgesi, tür düzeyinde ayırt edici bilgi sağlaması nedeniyle yaygın olarak kullanılan genetik belirteçlerden biridir (Nadler ve Pérez-Ponce de León, 2011). ITS1, 5.8S ve ITS2 bölgelerini içeren bu lokus, hem tür içi varyasyonun değerlendirilmesine hem de farklı populasyonlar arasındaki filogenetik ilişkilerin güvenilir biçimde ortaya konulmasına olanak tanımaktadır (Gasser ve Hoste, 1995; Brabec vd., 2015). Özellikle S. acheilognathi üzerine gerçekleştirilen moleküler çalışmalar, ITS dizilerinin farklı kıtalardan elde edilen izolatların karşılaştırılmasında etkili bir belirteç olduğunu göstermiştir (Brabec vd., 2015; Scholz vd., 2012).

Türkiye, Asya ile Avrupa arasında doğal bir biyocoğrafik geçiş bölgesi oluşturması nedeniyle hem yerli hem de istilacı balık parazitlerinin yayılışının araştırılması açısından önemli bir konuma sahiptir. Buna karşın, S. acheilognathi'nin Türkiye populasyonlarına ait moleküler veriler halen sınırlıdır.

Bu çalışmada, Eber Gölü'nden yakalanan Cyprinus carpio bireylerinin bağırsaklarından elde edilen Schyzocotyle acheilognathi örneklerinin ITS dizileri kullanılarak moleküler tanımlanması amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen dizilerin GenBank'ta kayıtlı küresel izolatlarla karşılaştırılması, genetik benzerliklerinin değerlendirilmesi ve Maximum Likelihood filogenetik analizleriyle türün taksonomik konumunun doğrulanması hedeflenmiştir. Elde edilen bulguların, S. acheilognathi'nin küresel genetik çeşitliliğinin ve Türkiye populasyonlarının filogenetik ilişkilerinin anlaşılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1 DNA Kaynağı

Araştırma materyalini oluşturan Schyzocotyle acheilognathi örnekleri, Eber Gölü (Afyonkarahisar)'nden yakalanan sazan (Cyprinus carpio) balıklarının bağırsaklarından elde edilmiş (Öztürk, 2005) ve %70 etanol içerisinde müze materyali olarak muhafaza edilen örnekler arasından rastgele seçilmiştir.

Yedi olgun S. acheilognathi örneğine ait genomik DNA (gDNA) izolasyonu, EurX GeneMATRIX Tissue-Bacterial DNA Isolation Kit (Polonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İzolasyon işlemi, Int.Kay.2'de belirtilen protokol esas alınarak yürütülmüştür. İzole edilen gDNA'nın saflığı, Thermo Scientific NanoDrop 2000 spektrofotometresi (ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

### 2.2 Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR)

Yedi adet S. acheilognathi örneğine ait gDNA'nın PZR ile çoğaltılması amacıyla toplam 30 µL hacminde reaksiyon karışımı hazırlanmıştır. Reaksiyon karışımı; 1 µL gDNA, her bir primerden 10 µM, 1.5 mM $MgCl_2$, her bir dNTP'den 200 µM ve 5 U FIREPol® DNA Polymerase (Solis BioDyne, Estonya) içerecek şekilde hazırlanmıştır.

PZR'de ITS lokusunun amplifikasyonu için kullanılan primerler ve bağlanma bölgeleri Çizlge 1'de verilmiştir. PZR programı; başlangıç denatürasyonu için 95°C'de 5 dakika, ardından 35 döngü boyunca 95°C'de 45 saniye denatürasyon, 57°C'de 45 saniye primer bağlanması (annealing), 72°C'de 1 dakika uzama ve son olarak 72°C'de 5 dakika final uzaması olacak şekilde uygulanmıştır. Reaksiyon tamamlandıktan sonra sıcaklık 4°C'ye düşürülmüştür.

PZR ürünleri agaroz jel elektroforezi ile görüntülenmiş, hedef PZR ürün bantları jelden kesilerek EurX GeneMATRIX Agarose Out DNA Purification Kit (Polonya) kullanılarak saflaştırılmıştır.

### 2.3 Dizileme, Veri Analizi ve Ağaç Oluşturulması

Schyzocotyle acheilognathi'ye ait saflaştırılmış PZR ürünleri, amplifikasyonda kullanılan primerlerle doğrudan dizilenmiştir. Dizileme işlemleri, ABI 3730XL DNA Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, ABD) ve BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Foster City, CA, ABD) kullanılarak Macrogen (Hollanda) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen ITS dizi bölgeleri, Scholz vd. (2004) ve Kuchta vd. (2012)'nin tanımlamaları esas alınarak belirlenmiştir. Nükleotid dizileri, MEGA 7 yazılımında ClustalW algoritması kullanılarak çoklu dizi hizalamasına tabi tutulmuş (Thompson vd., 1994), belirsiz bölgeler ve boşluklar ise MEGA 6 yazılımı (Tamura vd., 2013) kullanılarak manuel olarak düzenlenmiştir.

Dizilerin homoloji analizleri, EMBL-EBI FASTA programı ve NCBI BLAST algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ITS dizileri, MN341855-MN341860 erişim numaraları ile GenBank veri tabanına kaydedilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Filogenetik analizler maksimum olasılık (Maximum Likelihood, ML) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Filogenetik ağaç dallarının güvenilirliği, 1000 bootstrap tekrarı ile değerlendirilmiştir. Literatürden temin edilen S. acheilognathi ITS dizileri GenBank veri tabanından alınarak filogenetik analize dâhil edilmiş (Çizelge 2), ITS ağacında dış grup olarak Bothriocephalus claviceps (AF362434) izolatı kullanılmıştır.

**Çizelge 1. ITS gen lokusunu çoğaltma ve dizilemede kullanılan primerler**

| Gen Lokusu | Primer | Kaynaklar |
|---|---|---|
| ITS | BD1-F: GTCGTAACAAGGTTTCCGTA<br>BD2-R: TATGCTTAARTTCAGCGGGT | Luo vd. (2002) |

**Çizelge 2. ITS dizi analizi ve filogramında kullanılan *S. acheilognathi* izolatlarına ait veriler**

| Konak | Coğrafik Yer, Yıl, Örnek No | Genbank No |
|---|---|---|
| *Zacco platypus* | China, CH1052/13 | KX060596** |
| *Cyprinus carpio* | Czech Republic, PBI-23 | KX060601** |
| *Labeobarbus nedgia* | Ethiopia, ET295 | KX060597** |
| *Cyprinus carpio* | Japan, JAP1 | KX060599** |
| *Gila conspersa* | Mexico, MX62 | KX060600** |
| *Labeobarbus kimberlyensis* | Africa, SAF3 | KX060602** |
| *Atherina boyeri* | Turkey, TU1 | KX060603** |
| *Cyprinella lutrensis* | USA, USA10 | KX060604** |
| *Cyprinus carpio* | China, OTU-A1 | AF362408* |
| *Cyprinus carpio* | China, OTU-A2 | AF362409* |
| *Cyprinus carpio* | China, OTU-A3 | AF362410* |
| *Cyprinus carpio* | Çekya, OTU-A4 | AF362411* |
| *Cyprinus carpio* | Australia, OTU-A5 | AF362412* |
| *Cyprinus carpio* | England, OTU-A6 | AF362413* |
| *Culter alburnus* | China, B7 | AF362414* |
| *Culter dabryi* | China, C8 | AF362415* |
| *Culter dabryi* | China, C9 | AF362416* |
| *Culter dabryi* | China, C10 | AF362417* |
| *Culter dabryi* | China, C11 | AF362418* |
| *Cultrichthys erythropterus* | China, D12 | AF362419* |
| *Cultrichthys erythropterus* | China, D13 | AF362420* |
| *Cultrichthys erythropterus* | China, D14 | AF362421* |
| *Cultrichthys erythropterus* | China, D15 | AF362422* |
| *H.leucisculus* | China, E16 | AF362423* |
| *H.leucisculus* | China, E17 | AF362424* |
| *H.leucisculus* | China, E18 | AF362425* |
| *H.leucisculus* | China, E19 | AF362426* |
| *H.leucisculus* | China, E20 | AF362427* |
| *H.bleekery* | China, F21 | AF362428* |
| *Ctenopharyngoden idella* | China, G22 | AF362429* |
| *Coreius guichenoti* | China, H23 | AF362430* |
| *Coreius guichenoti* | China, H24 | AF362431* |
| *Coreius guichenoti* | China, H25 | AF362432* |
| *Coreius guichenoti* | China, H26 | AF362433* |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | |
|---|---|---|
| *Cyprinus carpio* | Turkey, Lake Eber, Afyon, SAC7 | MN341855 |
| *Cyprinus carpio* | Turkey, Lake Eber, Afyon, SAC8 | MN341856 |
| *Cyprinus carpio* | Turkey, Lake Eber, Afyon, SAC9 | MN341857 |
| *Cyprinus carpio* | Turkey, Lake Eber, Afyon, SAC10 | MN341858 |
| *Cyprinus carpio* | Turkey, Lake Eber, Afyon, SAC11 | MN341859 |
| *Cyprinus carpio* | Turkey, Lake Eber, Afyon, SAC12 | MN341860 |
| *Anguilla marmorata* | Bothriocephalus claviceps, Dış grup | AF362434* |

*: Luo vd. (2002), **: Brabec vd. (2015) ve GenBank veritabanından alınan diziler

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 3.1 DNA Dizileri

Bu çalışmada, Eber Gölü (Afyonkarahisar)'ndeki sazan (Cyprinus carpio L.) balıklarının bağırsağından elde edilen yedi adet Schyzocotyle acheilognathi (syn. Bothriocephalus acheilognathi) örneğinin Internal Transcribed Spacer (ITS) dizileri tanımlanmıştır. Elde edilen verilerle bu parazit türün genetik çeşitliliğinin değerlendirilmesinde özellikle nükleer rRNA operonunun ITS bölgesine odaklanan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. İncelenen örneklerden Sac-13 izolatında ITS primerleri ile amplifikasyon elde edilemediği için bu örnek değerlendirme dışı bırakılmıştır. Diğer izolatlara ait dizi verileri GenBank veri tabanında depolanmıştır (Çizelge 3).

Yedi S. acheilognathi örneğinden elde edilen ITS gen dizilerinin uzunlukları 820–924 bp arasında değişmiştir. Bu lokusun A+T içeriği %45,3–45,7 arasında belirlenmiştir. İzolatların A+T içerikleri birbirine oldukça yakın olmakla birlikte, en düşük A+T oranı Sac-7 ve Sac-9 izolatlarında, en yüksek A+T oranı ise Sac-8 ve Sac-10 izolatlarında saptanmıştır (Çizelge 4).

Örneklere ait ITS dizileri kendi aralarında %99,1 oranında yüksek benzerlik göstermiştir (Çizelge 5). Elde edilen bu bulgular, incelenen yedi S. acheilognathi örneğinin aynı taksona ait bireyler olduğunu desteklemektedir.

Bu çalışmada elde edilen yedi izolata ait ITS dizileri, GenBank veri tabanında kayıtlı S. acheilognathi ITS referans dizileriyle ikili (pairwise) karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.

ITS çift mesafe analizine göre, bu çalışmadaki izolatlara genetik olarak en yakın örneklerin Meksika'dan bildirilen S. acheilognathi izolatları olduğu belirlenmiştir. Bunları, Çin ve İngiltere'de Cyprinus carpio'dan tanımlanan S. acheilognathi izolatları izlemiştir (Çizelge 6).

PAUP programı kullanılarak oluşturulan ITS dizi veri kümesine ait mesafe matrisi, bu çalışmada incelenen izolatlar ile GenBank'ta kayıtlı diğer S. acheilognathi izolatları arasında toplam ve ortalama karakter farklılığı sayısının oldukça düşük olduğunu göstermiştir.

### 3.2 Filogenetik Analizler

Bu çalışmada tanımlanan yedi Schyzocotyle acheilognathi izolatının ITS dizileri, GenBank'ta kayıtlı diğer S. acheilognathi izolatlarıyla birlikte köklü filogenetik analiz kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu taksona ait GenBank'ta kayıtlı ITS dizileri ile bu çalışmada elde edilen ITS dizileri birlikte analiz edilmiş ve dört ana kladdan oluşan bir filogenetik ağaç elde

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

edilmiştir. Nükleotid dizilerine dayanarak elde edilen veriler, bu taksonun moleküler olarak iyi desteklenen kladlardan oluştuğunu ortaya koymuştur. Dış grup olarak AF362434 erişim numaralı Bothriocephalus claviceps dizisi kullanılmıştır (Görsel 1).

Oluşturulan filogram dört ana bölümden oluşmuştur. İncelenen yedi izolattan biri B kladında geri kalan kalan tüm izolatlar A grubunda kümelenmiş ve birbirleriyle yüksek dizi benzerliği göstermiştir. Maximum Likelihood (ML) yöntemiyle oluşturulan filogenetik ağacın genel topolojisi zayıf bootstrap desteği göstermiştir. İç dallardan yalnızca birinin bootstrap destek değeri %59'un üzerinde bulunurken, diğer iç dallar daha düşük destek değerleriyle temsil edilmiştir.

**Çizelge 3. *Schyzocotyle acheilognathi* örneklerinin ITS dizi verileri**

| Örnek No | GenBank No | Baz Dizisi |
|---|---|---|
| SAC7 | MN341855 | TACGCGTTCCGTATCAGTTGCTCTGCTGCTGGGGTTGTAGGGATGTCTCTCTCTGTGTGTGTATGTGGTGCGTGACCCTACAACTC<br>TAGGCTACCTGCTGGCTGCTCGTCTTAGTAGCCAACCTATTTACGGTGGGGCGCCTAGCCTGTCTGACACCCGTCAGGTGTG<br>CTCGCCAGTGTTGCTGGCCAGTCCATACCGGGGCGACAGGGTAGTGCACAGCAATGTGCGCAAGGCGTAAGATTGTTAGT<br>GTGGTGTGCGAACCACCCGTGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTTTGTGTGCATATACGAGGTTGTTGACCGCTTACGCCC<br>CATCATGATTGACTGATTGTTGTGTTACACGGTGTCGATAATGGGTTTGCGCTTGCTGTCGTCGTGACACGCTGCATTCCCTAGAC<br>AAACGTTTTGTGCCACCTCGTTCGTTGGTTGGTTTGTTGGTGGTGGTGGTGCAGGACACGGTTCACGCCTTCTTGGCTGGGAAC<br>GGCCGAAGTTCTTGTGAGCCAAATAAGATCGGCGGCGGTGACGACGTCCGTCTGTCCGTCCGTTGGTCGTTTGTACAACTTTA<br>TGCGGTGGATCACTCGGCTCGTGTGTCGATGAAGAGCGCAGCCAACTGTGTGAATTAATGTGAATCGCAGACTGCTTTGAAC<br>ATCGACCTCTTGAACGCACATTGCGGCCATAGGCTTGCCTATGGCCACGTCTGGCCGAGGGTCGGCTTATAAACTATCATGA<br>CGCATAATGAGTCGTGGCTTTGGAAGGTTGCCAGCTGACGCAGTGAGTGTGAGTGAGTGAGTGAGTGAGTGGGTGGACTAG<br>TGCCCTTGTCCTTGGGCCGCGTCGTCAGACTGCAATGGCTCCTTCTTAACGTTGCTGA |
| SAC8 | MN341856 | TACGCGTTCCGTATCAGTTGCTCTGCTGCTGGGGTTGTAGGGATGTCTCTCTCTGTGTGTGTATGTGGTGCGTGACCCTACAACTC<br>TAGGCTACCTGCTGGCTGCTCGTCTTAGTAGCCAACCTATTTACGGTGGGGCGCCTAGCCTGTCTGACACCCGTCAGGTGTG<br>CTCGCCAGTGTTGCTGGCCAGTCCATACCGGGGCGACAGGGTAGTGCACAGCAATGTGCGCAAGGCGTAAGATTGTTAGT<br>GTGGTGTGCGAACCACCCGTGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTTTGTGTGCATATACGAGGTTGTTGACCGCTTACGCCCCATCATG<br>ATTGACTGATTGTTGTGTTACACGGTGTCGATAATGGGTTTGCGCTTGCTGTCGTCGTGACACGCTGCATTCCCTAGACAAACGTT<br>TTGTGCCACCTCGTTCGTTGGTTGGTTTGTTGGTGGTGGTGGTGCAGGACACGGTTCACGCCTTCTTGGCTGGGAACGGCCGA<br>AGTTCTTGTGAGCCAAATAAGATCGGCGGCGGTGACGACGTCCGTCTGTCCGTCCGTTGGTCGTTTGTACAACTTTATGCGGTG<br>GATCACTCGGCTCGTGTGTCGATGAAGAGCGCACCCAACTGTGTGAATTAATGTGAATC |
| SAC9 | MN341857 | TTCCGTATCAGTTGCTCTGCTGCTGGGGTTGTAGGGATGTCTCTCTCTGTGTGTGTATGTGGTGCGTGACCCTACAACTCTAGGCT<br>ACCTGCTGGCTGCTCGTCTTAGTAGCCAACCTATTTACGGTGGGGCGCCTAGCCTGTCTGACACCCGTCAGGTGTGCTCGCC<br>AGTGTTGCTGGCCAGTCCATACCGGGGCGACAGGGTAGTGCACAGCAATGTGCGCAAGGCGTAAGATTGTTAGTGTGGTGT<br>GCGAACCACCCGTGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTTTGTGTGCATATACGAGGTTGTTGACCGCTTACGCCCCATCATG<br>ATTGACTGATTGTTGTGTTACACGGTGTCGATAATGGGTTTGCGCTTGCTGTCGTCGTGACACGCTGCATTCCCTAGACAAACGTT<br>TTGTGCCACCTCGTTCGTTGGTTGGTTTGTTGGTGGTGGTGGTGCAGGACACGGTTCACGCCTTCTTGGCTGGGAACGGCCGA<br>AGTTCTTGTGAGCCAAATAAGATCGGCGGCGGTGACGACGTCCGTCTGTCCGTCCGTTGGTCGTTTGTACAACTTTATGCGGTG<br>GATCACTCGGCTCGTGTGTCGATGAAGAGCGCACCCAACTGTGTGAATTAATGTGAATC |
| SAC10 | MN341858 | GCTGGGGTTGTAGGGATGTCTCTCTCTGTGTGTGTATGTGGTGCGTGACCCTACAACTCTAGGCTACCTGCTGGCTGCTCGTCTT<br>AGTAGCCAACCTATTTACGGTGGGGCGCCTAGCCTGTCTGACACCCGTCAGGTGTGCTCGCCAGTGTTGCTGGCCAGTCCA<br>TACCGGGGCGACAGGGTAGTGCACAGCAATGTGCGCAAGGCGTAAGATTGTTAGTGTGGTGTGCGAACCACCCGTGTGTG<br>CGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTTTGTGTGCATATACGAGGTTGTTGACCGCTTACGCCCCATCATGATTGACTGATTGTTGTGTTAC<br>ACGGTGTCGATAATGGGTTTGCGCTTGCTGTCGTCGTGACACGCTGCATTCCCTAGACAAACGTTTTGTGCCACCTCGTTCGTTG<br>GTTGGTTTGTTGGTGGTGGTGGTGCAGGACACGGTTCACGCCTTCTTGGCTGGGAACGGCCGAAGTTCTTGTGAGCCAAATAA<br>GATCGGCGGCGGTGACGACGTCCGTCTGTCCGTCCGTTGGTCGTTTGTACAACTTTATGCGGTGGATCACTCGGCTCGTGTGT<br>CGATGAAGAGCGCAGCCAACTGTGTGAATTAATGTGAATCGCAGACTGCTTTGAACATCGACCTCTTGAACGCACATTGCGG<br>CCATAGGCTTGCCTATGGCCACGTCTGGCCGAGGGTCGGCTTATAAACTATCATGACGCATAATGAGTCGTGGCTTTGGAAG<br>GTTGCCAGCTGACGCAGTGAGTGTGAGTGAGTGAGTGAGTGAGTGGGTGGACTATTGCCCTTGTCCTTGGGCCGCGTCGTCA<br>GACTGCAATGGCTCCTTCTTAACGTTGCTGAGTCAAAGGGTCAGAGTTGTTGTCCTTCTTGTTGTG |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | |
|---|---|---|
| SAC11 | MN341859 | CCGTATCAGTTGCTCTGCTGCTGGGGTTGTAGGGATGTCTCTCTCTGTGTGTGTATGTGGTGCGTGACCCTACAACTCTAGGCTA<br>CCTGCTGGCTGCTCGTCTTAGTAGCCAACCTATTTACGGTGGGGCGCCTAGCCTGTCTGACACCCGTCAGGTGTGCTCGCCA<br>GTGTTGCTGGCCAGTCCATACCGGGGCGACAGGGTAGTGCACAGCAATGTGCGCAAGGCGTAAGATTGTTAGTGTGGTGTG<br>CGAACCACCCGTGTGTGCGTGTGCGAGTGCGTGTGCGTTTGTGTGCATATACGAGGTTGTTGACCGCTTACGCCCCATCATGA<br>TTGACTGATTGTTGTGTTACACGGTGTCGATAATGGGTTTGCGCTTGCTGTCGTCGTGACACGCTGCATTCCCTAGACAAACGTTTT<br>GTGCCACCTCGTTCGTTGGTTGGTTTGTTGGTGGTGGTGGTGCAGGACACGGTTCACGCCTTCTTGGCTGGGAACGGCCGAA<br>GTTCTTGTGAGCCAAATAAGATCGGCGGCGGTGACGACGTCCGTCTGTCCGTCCGTTGGTCGTTTGTACAACTTTATGCGGTG<br>GATCACTCGGCTCGTGTGTCGATGAAGAGCGCAGCCAACTGTGTGAATTAATGTGAATCGCAGACTGCTTTGAACATCGACCT<br>CTTGAACGCACATTGCGGCCATAGGCTTGCCTATGGCCACGTCTGGCCGAGGGTCGGCTTATAAACTATCATGACGCATAAT<br>GAGTCGTGGCTTTGGAAGGTTGCCAGCTGACGCAGTGAGTGTGAGTGAGTGAGTGAGTGGATGGACTA |
| SAC12 | MN341860 | ACGCGTTCCGTATCAGTTGCTCTGCTGCTGGGGTTGTAGGGATGTCTCTCTCTGTGTGTGTATGTGGTGCGTGACCCTACAACTCT<br>AGGCTACCTGCTGGCTGCTCGTCTTAGTAGCCAACCTATTTACGGTGGGGCGCCTAGCCTGTCTGACACCCGTCAGGTGTGC<br>TCGCCAGTGTTGCTGGCCAGTCCATACCGGGGCGACAGGGTAGTGCACAGCAATGTGCGCAAGGCGTAAGATTGTTAGTG<br>TGGTGTGCGAACCACCCGTGTGTGCGTGTGCGTGTGCGTTTGTGTGCATATACGAGGTTGTTGACCGCTTACGCCCC<br>ATCATGATTGACTGATTGTTGTGTTACACGGTGTCGATAATGGGTTTGCGCTTGCTGTCGTCGTGACACGCTGCATTCCCTAGACA<br>AACGTTTTGTGCCACCTCGTTCGTTGGTTGGTTTGTTGGTGGTGGTGGTGCAGGACACGGTTCACGCCTTCTTGGCTGGGAACG<br>GCCGAAGTTCTTGTGAGCCAAATAAGATCGGCGGCGGTGACGACGTCCGTCTGTCCGTCCGTTGGTCGTTTGTACAACTTTAT<br>GCGGTGGATCACTCGGCTCGTGTGTCGATGAAGAGCGCAGCCAACTGTGTGAATTAATGTGAATCGCAGACTGCTTTGAACA<br>TCGACCTCTTGAACGCACATTGCGGCCATAGGCTTGCCTATGGCCACGTCTGGCCGAGGGTCGGCTTATAAACTATCATGAC<br>GCATAATGAGTCGTGGCTTTGGAAGGTTGCCAGCTGACGCAGTGAGTGTGAGTGAGTGAGTGAGTGGA |

**Çizelge 4.** ***Schyzocotyle acheilognathi*** **örneklerinin ITS dizi verilerinin A+T içeriği**

| GenLokusu | Örnek No | GenBank No | T(U) | A | A+T |
|---|---|---|---|---|---|
| ITS | SAC-7 | MN341855 | 28,5 | 16,8 | 45,3 |
| | SAC-8 | MN341856 | 29,0 | 16,7 | 45,7 |
| | SAC-9 | MN341857 | 29,5 | 15,8 | 45,3 |
| | SAC-10 | MN341858 | 28,8 | 16,9 | 45,7 |
| | SAC-11 | MN341859 | 28,2 | 17,4 | 45,6 |
| | SAC-12 | MN341860 | 28,3 | 17,2 | 45,5 |
| | | | | | |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Çizelge 5. Mevcut *S. acheilognathi* örneklerine ait ITS dizileri ile diğer *S.acheilognathi* izolatlarının benzerlik değerlerinin (%)karşılaştırılması, *: Brabec *et al.* (2016), **: Luo *et al.* (2002).**

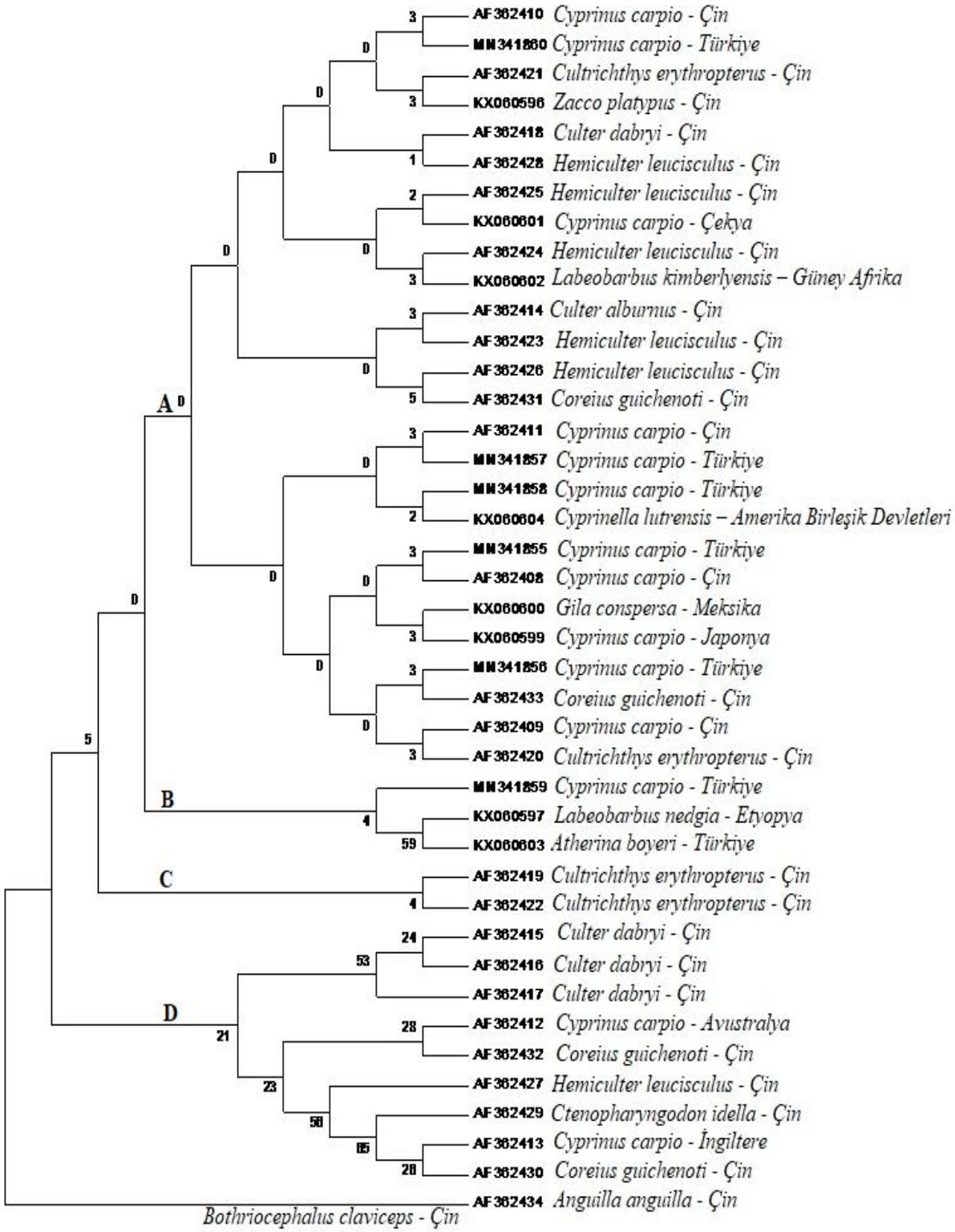
| | | *S. acheilognathi* * | *Gila conspersa* Mexico SAC8: *S. acheilognathi* | *Cyprinus carpio* Lake Eber, Turkey | *Cyprinus carpio* - Çin ** | *Cyprinus carpio* - Çin ** | *Cyprinus carpio* - Çin ** | *Cyprinus carpio* - İngiltere ** | *Culter alburnus* - Çin ** | *Hemiculter leucisculus* - Çin ** | *Culter dabryi* - Çin ** | *Culter dabryi* - Çin ** | *Culter dabryi* - Çin ** | *Culter dabryi* - Çin ** | *Cyprinus carpio* - Çin ** | *Cyprinus carpio* - Avustralya ** | *Cultrichthys erythropterus* - Çin ** | *Cultrichthys erythropterus* - Çin ** | *Cultrichthys erythropterus* - Çin ** | *Hemiculter leucisculus* - Çin ** | *Hemiculter leucisculus* - Çin ** | *Cultrichthys erythropterus* - Çin ** | *Hemiculter leucisculus* - Çin ** | *Hemiculter leucisculus* - Çin ** | *Hemiculter leucisculus* - Çin ** | *Ctenopharyngodon idella* - Çin ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 2 | KX060600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | MN341856 | 0,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | AF362408 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | AF362409 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | AF362411 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | AF362413 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | AF362414 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | AF362425 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | AF362415 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | AF362416 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | AF362418 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | AF362417 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,68 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | AF362410 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | AF362412 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,85 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,51 | 0,85 | 0,51 | | | | | | | | | | | |
| 16 | AF362419 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,68 | 0,51 | 0,34 | 0,51 | 0,51 | 0,34 | 0,68 | 0,34 | 0,85 | | | | | | | | | | |
| 17 | AF362421 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | | | | | | | | | |
| 18 | AF362420 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | | | | | | | | |
| 19 | AF362423 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | | | | | | | |
| 20 | AF362424 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | | | | | | |
| 21 | AF362422 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | | | | | |
| 22 | AF362426 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | | | | |
| 23 | AF362427 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | | | |
| 24 | AF362428 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | | |
| 25 | AF362429 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,51 | 0,85 | 0,51 | 1,02 | 0,85 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,34 | 0,68 | |
| 26 | AF362430 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,51 | 0,85 | 0,51 | 1,02 | 0,85 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,34 | 0,68 | 0,34 |
| 27 | AF362431 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,68 |
| 28 | AF362432 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,51 | 0,34 | 0,34 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,85 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,34 | 0,68 | 0,68 |
| 29 | AF362433 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 30 | AF362434 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 2,23 | 2,06 | 1,88 | 2,06 | 2,06 | 1,88 | 2,23 | 1,88 | 2,40 | 2,23 | 1,88 | 1,88 | 2,06 | 1,88 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,40 |
| 31 | MN341858 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 32 | KX060597 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,68 | 0,51 | 0,34 | 0,51 | 0,51 | 0,34 | 0,68 | 0,34 | 0,85 | 0,68 | 0,34 | 0,34 | 0,51 | 0,34 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,85 |
| 33 | KX060604 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 34 | KX060602 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 35 | MN341859 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,68 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | 0,34 | 0,17 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,68 |
| 36 | MN341860 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 37 | KX060596 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 38 | KX060601 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 39 | KX060599 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 40 | KX060603 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,85 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,51 | 0,85 | 0,51 | 1,02 | 0,85 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,51 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 1,02 |
| 41 | MN341857 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |
| 42 | MN341855 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,51 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,51 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Çizelge 5. (devam)**

| | | *Coreius guichenoti* - Çin ** | *Coreius guichenoti* - Çin ** | *Coreius guichenoti* - Çin ** | *Coreius guichenoti* - Çin ** | *Anguilla anguilla* - Çin ** | SAC10: *S. acheilognathi* *Cyprinus carpio* Lake Eber, Turkey | *S. acheilognathi* * *Labeobarbus nedgia* Ethiopia | *S. acheilognathi* * *Cyprinella lutrensis* USA | *S. acheilognathi* * *Labeobarbus kimberleyensis* South Africa | SAC11: *S. acheilognathi* *Cyprinus carpio* Lake Eber, Turkey | SAC12: *S. acheilognathi* *Cyprinus carpio* Lake Eber, Turkey | *S. acheilognathi* * *Zacco platypus* China | *Cyprinus carpio* - Çekya ** | *S. acheilognathi* * *Cyprinus carpio* Japan | *S. acheilognathi* * *Atherina boyeri* Turkey | SAC9: *S. acheilognathi* *Cyprinus carpio* Lake Eber, Turkey | SAC7: *S. acheilognathi* *Cyprinus carpio* Lake Eber, Turkey |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 2 | KX060600 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | MN341856 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | AF362408 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | AF362409 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | AF362411 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | AF362413 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | AF362414 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | AF362425 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | AF362415 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | AF362416 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | AF362418 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | AF362417 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | AF362410 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | AF362412 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | AF362419 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | AF362421 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | AF362420 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | AF362423 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | AF362424 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | AF362422 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | AF362426 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | AF362427 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | AF362428 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | AF362429 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | AF362430 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | AF362431 | 0,68 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | AF362432 | 0,68 | 0,68 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | AF362433 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | AF362434 | 2,40 | 2,06 | 2,40 | 1,88 | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | MN341858 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | | | | | | | | | | | | |
| 32 | KX060597 | 0,85 | 0,51 | 0,85 | 0,34 | 2,23 | 0,34 | | | | | | | | | | | |
| 33 | KX060604 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | | | | | | | | | | |
| 34 | KX060602 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | | | | | | | | | |
| 35 | MN341859 | 0,68 | 0,34 | 0,68 | 0,17 | 2,06 | 0,17 | 0,51 | 0,17 | 0,17 | | | | | | | | |
| 36 | MN341860 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | | | | | | | |
| 37 | KX060596 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | | | | | | |
| 38 | KX060601 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | | | | | |
| 39 | KX060599 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | |
| 40 | KX060603 | 1,02 | 0,68 | 1,02 | 0,51 | 2,41 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,68 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | | | |
| 41 | MN341857 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | | |
| 42 | MN341855 | 0,51 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 1,88 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,00 | |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 1. *Schyzocotyle acheilognathi* izolatlarına ait ITS dizilerinin maksimum olasılık (ML) analizine dayanılarak oluşturulan filogramı. Dış grup, *Bothriocephalus claviceps*.**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Schyzocotyle acheilognathi'nin biyolojisi, gelişimi ve biyocoğrafik dağılımı hakkında çok sayıda çalışma bulunmasına karşın (Hoole 1994; Dove vd. 1997; Nie vd. 2000; Marcogliese 2008; Scholz vd. 2012; Salgado-Maldonado vd. 2015), moleküler ekoloji ve popülasyon genetiğine yönelik araştırmaların sayısı sınırlıdır. Bugüne kadar parazitin genetik çeşitliliğinin değerlendirilmesinde özellikle nükleer rRNA operonunun ITS bölgesine odaklanan az sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Luo vd. 2002, 2003; Bean vd. 2007; Kuchta vd. 2012; Brabec vd. 2015).

Bu çalışmada, Eber Gölü'ndeki sazan (Cyprinus carpio) balıklarından anatomik ve morfolojik özelliklerine göre Öztürk (2005) tarafından tanımlanan S. acheilognathi izolatlarının ITS lokus dizileri ilk kez moleküler olarak karakterize edilmiş ve böylece parazitin genetik özelliklerinin belirlenmesine yönelik veri tabanının geliştirilmesine katkı sağlanmıştır.

Araştırma kapsamında incelenen yedi S. acheilognathi izolatının ITS dizileri kendi aralarında karşılaştırılmış ve %93,8–99,1 oranında yüksek dizi benzerliği gösterdikleri belirlenmiştir. Bu bulgular, incelenen tüm örneklerin aynı taksona ait olduğunu desteklemektedir. Ayrıca elde edilen ITS dizileri, GenBank'ta kayıtlı S. acheilognathi referans dizileriyle ikili mesafe analizi kullanılarak karşılaştırılmıştır (Luo vd. 2003; Brabec vd. 2015). Karşılaştırma sonucunda, mevcut çalışmadaki izolatlar ile GenBank'taki referans izolatlar arasındaki dizi farklılıklarının tür içi varyasyon için kabul edilen yaklaşık %2–3'lük sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. Böylece, Öztürk (2005) tarafından morfolojik özelliklere dayanılarak tanımlanan Eber Gölü sazan balıklarındaki izolatların ITS dizilerine göre de S. acheilognathi olduğu moleküler olarak doğrulanmıştır.

Luo vd. (2002), Çin, Avustralya, Çek Cumhuriyeti, İngiltere ve Hawaii'de on bir farklı konakçı balık türünden elde edilen Bothriocephalus acheilognathi örneklerinde, geniş coğrafi uzaklıklara rağmen ITS rDNA bölgesindeki dizi varyasyonunun %2'nin altında olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar bu bulgunun, Pool ve Chubb'un (1985) cyprinid balıklardaki bothriocephalidlerin tek bir türe (B. acheilognathi) ait olduğu yönündeki görüşünü desteklediğini belirtmiştir. Bu çalışmada da, farklı coğrafi bölgelerde Cyprinus carpio'dan tanımlanan S. acheilognathi izolatları ile Eber Gölü izolatları arasındaki ikili mesafe değerlerinin %2'nin altında bulunması, Pool ve Chubb (1985) ile Luo vd. (2002)'nin sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Tür tanımlaması moleküler olarak doğrulanan araştırma örnekleri ile GenBank'ta kayıtlı S. acheilognathi izolatları arasındaki evrimsel ilişkiler Maximum Likelihood (ML) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve filogenetik ağaç oluşturulmuştur (Şekil 1). Luo vd. (2003)'ün GenBank'ta kayıtlı ITS dizileri ile bu çalışmada elde edilen ITS dizileri birlikte analiz edilmiş ve dört ana kladdan oluşan bir filogenetik ağaç elde edilmiştir (Şekil 1). Luo vd. (2003), A kladında yer alan S. acheilognathi izolatlarının başta Cyprinus carpio olmak üzere Opsariichthys bidens, Zacco platypus, Squaliobarbus, Hemiculter bleekeri, Gobiobotia boulengeri ve Gnathopogon imberbis gibi çeşitli cyprinid konaklardan elde edildiğini bildirmiştir. Aynı araştırmada A kladının Çin, Avustralya, Çek Cumhuriyeti, İngiltere ve

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak bulunan izolatları içerdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Eber Gölü izolatlarının da A kladında yer alması, hem konak türü (C. carpio) hem de küresel filogenetik örüntü bakımından Luo vd. (2003)'ün bulgularıyla uyumludur.

Luo vd. (2003), B ve C kladlarının Çin'deki Haihe ve Liaohe nehirlerinde yaşayan O. bidens ile sınırlı olduğunu, D kladının ise Yangtze Nehri'nde bulunan O. bidens ve Z. platypus popülasyonlarıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen izolatların B, C ve D kladlarında yer almaması da söz konusu araştırmanın bulgularını desteklemektedir.

Brabec vd. (2015), yalnızca nükleotid dizilerine dayanarak tür tanımlamasının bazı sınırlılıklar taşımasına rağmen, Bothriocephalidea ordosunun klasik morfolojik sınıflandırmanın öngördüğünden daha fazla moleküler olarak iyi desteklenen kladlardan oluştuğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar ayrıca, bu ordonun farklı sucul ortamlar ve birbirinden uzak akrabalık ilişkilerine sahip konaklardan gelen taksonları kapsadığını belirterek, gelecekte yapılacak taksonomik çalışmaların henüz moleküler olarak karakterize edilmemiş cins temsilcilerinin yeniden örneklenmesiyle birlikte yeni morfolojik, biyolojik ve ekolojik karakterlerin araştırılmasına odaklanması gerektiğini vurgulamıştır.

Schyzocotyle acheilognathi'nin kökeni konusunda farklı görüşler bulunmakla birlikte, tür ilk kez Japonya'da tanımlanmış, daha sonra Choudhury ve Cole (2012) tarafından Amur Nehri havzası primer doğal yayılış alanı olarak değerlendirilmiştir. Brabec vd. (2015) ise Orta Afrika, Orta Doğu/Anadolu ve Hint bölgesindeki S. acheilognathi popülasyonlarının, bu başarılı istilacı parazitin evrimsel geçmişini anlamada kilit öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda, Anadolu'da yer alan Eber Gölü'nden elde edilen C. carpio kökenli izolatların ITS lokuslarının moleküler olarak karakterize edilmesi, türün kökeni, yayılış yolları ve evrimsel tarihi üzerine yapılacak gelecekteki biyocoğrafik araştırmalar için önemli bir referans veri niteliği taşımaktadır.

## Sonuç

Bu çalışmada, Eber Gölü'ndeki sazan (Cyprinus carpio) balıklarından elde edilen ve daha önce anatomik-morfolojik özelliklerine göre tanımlanan Schyzocotyle acheilognathi izolatlarının taksonomik kimliği ITS dizileri kullanılarak moleküler düzeyde doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Eber Gölü popülasyonunun dünya genelindeki S. acheilognathi izolatlarıyla yüksek genetik benzerlik gösterdiğini ve küresel filogenetik örüntü içerisinde A kladı ile uyumlu bir konumda yer aldığını ortaya koymuştur.

Bu bulgular, türün küresel yayılışı, biyocoğrafik geçmişi ve taksonomik değerlendirilmesine yönelik mevcut bilgi birikimine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, S. acheilognathi'nin konak özgüllüğünü, popülasyon yapısını ve istila dinamiklerini daha ayrıntılı biçimde ortaya koyabilmek için ITS bölgesinin yanı sıra mitokondriyal belirteçler (örneğin cox1) ve genom ölçekli moleküler verileri içeren daha kapsamlı filocoğrafik ve popülasyon genetiği çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

**Teşekkür**

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Komisyon Birimi tarafından "16.FENED.06" numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

Bean, M.G., Škeříková, A., Bonner, T.H., Scholz, T. and Huffman, D.G. (2007). First record of *Bothriocephalus acheilognathi* in the Rio Grande with comparative analysis of ITS2 and V4-18S rRNA Gene sequences. *Journal of Aquatic Animal Health*, **19**: 71–76.

Brabec, J., Waeschenbach, A., Scholz, T., Littlewood, D.T.J. and Kuchta, R. (2015). Molecular phylogeny of the Bothriocephalidea (Cestoda): molecular data challenge morphological classification. *Int. J. Parasitol*. **45**: 761–771.

Brouder, M. J., & Hoffnagle, T. L. (1997). Distribution and prevalence of the Asian fish tapeworm in Arizona fishes. Journal of Aquatic Animal Health, 9, 313–320.

Choudhury, A. and Cole, R.A. (2012). Bothriocephalus acheilognathi Yamaguti (Asian tapeworm). In: Francis, R.A. (Ed.), A Handbook of Global Freshwater Invasive Species. Earthscan, London, UK, pp. 385–400.

Dove, A., Cribb, T.H., Mockler, S.P. and Lintermans, M. (1997). The Asian fish tapeworm, *Bothriocephalus acheilognathi*, in Australian freshwater fishes. *Marine and Freshwater Research*, **48:** 181–183.

Gasser, R. B., & Hoste, H. (1995). Genetic markers for helminth parasites: Applications in systematics and epidemiology. International Journal for Parasitology, 25, 129–144.

Hoffman, G. L. (1999). Parasites of North American Freshwater Fishes (2nd ed.). Cornell University Press.

Hoole, D. (1994). Tapeworm infections in fish: past and future problems. *In*: Pike, A.W. & Lewis, J.W. (Eds) *Parasitic diseases of fish*. Dyfed, UK: Samara Publishing Limited, pp. 119–140.

Hoole, D., Bucke, D., Burgess, P., & Wellby, I. (2001). Diseases of Carp and Other Cyprinid Fishes. Blackwell Science.

Kuchta, R., Burianová, A., Jirku, M., de Chambrier, A., Oros, M., Brabec, J. and Scholz, T. (2012). Bothriocephalidean tapeworms (Cestoda) of freshwater fish in Africa, including erection of Kirstenella n. gen. and description of Tetracampos martinae n. sp. *Zootaxa* **3309**: 1–35.

Luo, H.Y., Nie, P., Zhang, Y.A., Wang, G.T. and Yao, W.J. (2002). Molecular variation of *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoda: Pseudophyllidea) in different fish host species based on ITS rDNA sequences. *Syst. Parasitol*. **52:** 159–166.

Luo, H.Y., Nie, P., Zhang, Y.A., Yao, W.J. and Wang, G.T. (2003). Genetic differentiation in populations of the cestode *Bothriocephalus acheilognathi* (Cestoda, Pseudophyllidea) as revealed by eight microsatellite markers. *Parasitology*, **126**: 493–501.

Marcogliese, D.J. (2008). First report of the Asian fish tapeworm in the great lakes. *Journal of Great Lakes Res*, **34:** 566-569.

Nadler, S. A., & Pérez-Ponce de León, G. (2011). Integrating molecular and morphological approaches for helminth systematics. Parasitology, 138, 1857–1871.

Nie, P., Wang, G.T., Yao, W.J., Zhang, Y.A. and Gao, Q. (2000). Occurrence of *Bothriocephalus acheilognathi* in cyprinid fish from three lakes in the flood plain of the Yangtze River, China. *Diseases of Aquatic Organisms*, **41**, 81–82.

Öztürk, M.O. (2005). Eber Gölü (Afyon)'ndeki Sazan (*Cyprinus carpio* L.)'ların metazoon parazitleri üzerine bir araştırma. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, **29** (3): 204-210.

Pool, D.W. and Chubb, J.C. (1985). A critical scanning electron microscope study of the scolex of *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934, with a review of the taxonomic history of the genus *Bothriocephalus* parasitizing cyprinid fishes. *Systematic Parasitology*, **7**: 199–211.

Salgado-Maldonado, G., Matamoros, W.A., Kreiser, B.R., Caspeta-Mandujano, J.M. and Mendoza-Franco, E.F. (2015). First record of the invasive Asian fish tapeworm Bothriocephalus acheilognathi in Honduras, Central America. *Parasite*, **22**: 5.

Scholz, T. (1997). A revision of the Asian fish tapeworm, Bothriocephalus acheilognathi. Systematic Parasitology, 36, 85–107.

Scholz, T., Kuchta, R. and Williams, C. (2012). Bothriocephalus acheilognathi. In: Woo, P.T.K., Buchmann, K. (Eds.), Fish Parasites, Pathobiology and Protection. CAB International, Wallingford, UK, pp. 282–297.

Scholz, T., Škeříková, A., Shimazu, T. and Grygier, M.J. (2004) A taxonomic study of species of *Bothriocephalus* Rudolphi, 1808 (Cestoda: Pseudophyllidea) from eels in Japan: morphological and molecular evidence for the occurrence of *B. claviceps* (Goeze, 1782) and confirmation of the validity of *B. japonicus* Yamaguti, 1934. *Systematic Parasitology*, **57**: 87–96.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. and Kumar, S. (2013). MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular Biological Evolution*, **30**: 2 725–2 729.

Thompson, J., Higgins, D. & Gibson, T. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, **22:** 4673–4680.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# TARIMSAL ÜRETİMDE DRONE TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI VE UYGULAMA ALANLARI

**Prof. Dr. Mehmet KAPLAN**
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 56100, Merkez, SİİRT
**email:** mehmetkaplan@siirt.edu.tr
**ORCID ID:** 0000-0002-2495-8075

## ÖZET

Tarım sektörü; insan beslenmesinin karşılanmasının yanı sıra sanayiye hammadde sağlaması, ekonomik kalkınmaya ve istihdama katkıda bulunması nedeniyle stratejik öneme sahiptir. Günümüzde iklim değişikliği, su kaynaklarının azalması, doğal afetler, bitki hastalık ve zararlıları, artan üretim maliyetleri ve kırsal nüfusun azalması gibi faktörler tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu sorunların çözümünde teknolojik gelişmelerden yararlanılması, üretim süreçlerinin daha etkin ve sürdürülebilir şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda, insansız hava araçları (İHA) ve özellikle drone teknolojileri, tarımsal üretimde giderek yaygınlaşan yenilikçi uygulamalar arasında yer almaktadır.

Drone'lar, üzerlerine yerleştirilebilen kamera ve farklı sensörler aracılığıyla yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilmekte, bitkilerin gelişimini izleyebilmekte ve tarım arazilerinin ayrıntılı analizini gerçekleştirebilmektedir. Tarımda drone teknolojilerinden; hastalık ve zararlıların tespiti, yabancı otların belirlenmesi, bitki stresinin ve gelişiminin izlenmesi, verim tahmini, bitki türlerinin sınıflandırılması, fenolojik özelliklerin belirlenmesi, gübre ve pestisit uygulamaları, tohum ekimi, su yönetimi ve sürü yönetimi gibi çok çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır. Özellikle drone ile gerçekleştirilen pestisit uygulamaları; iş gücü, zaman ve su kullanımının azaltılması, tarla içerisindeki ürün kayıplarının önlenmesi ve uygulama hassasiyetinin artırılması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, drone teknolojilerinin yüksek başlangıç maliyeti, yedek parça ve batarya temini, teknik bilgi ve beceri gereksinimi, yük taşıma kapasitesi, GPS ve iletişim sorunları ile olumsuz hava koşullarına bağlı kullanım kısıtlamaları bulunmaktadır.

Sonuç olarak, drone teknolojilerinin tarımsal üretimde etkin ve bilinçli kullanımı, verimlilik ve kaynak kullanımının iyileştirilmesine önemli katkılar sağlayabilecek potansiyele sahiptir.

**Anahtar Kelimeler**: Drone teknolojileri; İnsansız hava araçları (İHA); Tarımsal üretim, Uzaktan algılama; Hassas tarım;

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# UTILIZATION OF DRONE TECHNOLOGIES AND ITS APPLICATIONS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

## ABSTRACT

The agricultural sector is of strategic importance not only for meeting human nutritional needs but also for supplying raw materials to industry and contributing to economic development and employment. Today, factors such as climate change, declining water resources, natural disasters, plant diseases and pests, increasing production costs, and rural depopulation pose significant threats to the sustainability of agricultural production. In this context, the utilization of technological advances enables production processes to be carried out more efficiently and sustainably. Among these technological innovations, unmanned aerial vehicles (UAVs), particularly drones, have increasingly gained prominence as innovative tools in agricultural production.

Drones equipped with cameras and various sensors can acquire high-resolution images, monitor crop development, and facilitate detailed analyses of agricultural fields. Drone technologies are utilized in a wide range of agricultural applications, including the detection of plant diseases and pests, weed identification, monitoring of plant stress and development, yield estimation, crop species classification, determination of phenological characteristics, fertilizer and pesticide applications, seed sowing, water management, and livestock herd management. In particular, drone-based pesticide applications offer significant advantages in terms of reducing labor, time, and water consumption, minimizing crop losses within fields, and improving application precision. However, the adoption of drone technologies is associated with several limitations, including high initial investment costs, difficulties in obtaining spare parts and batteries, the need for technical knowledge and skills, payload capacity constraints, GPS and communication problems, and restrictions on operation under unfavorable weather conditions.

In conclusion, the effective and informed use of drone technologies in agricultural production has considerable potential to improve productivity, optimize resource utilization, and contribute to more sustainable agricultural practices.

**Keywords:** Drone technologies; Unmanned aerial vehicles (UAVs); Agricultural production;; Remote sensing; Precision agriculture

## 1. GİRİŞ

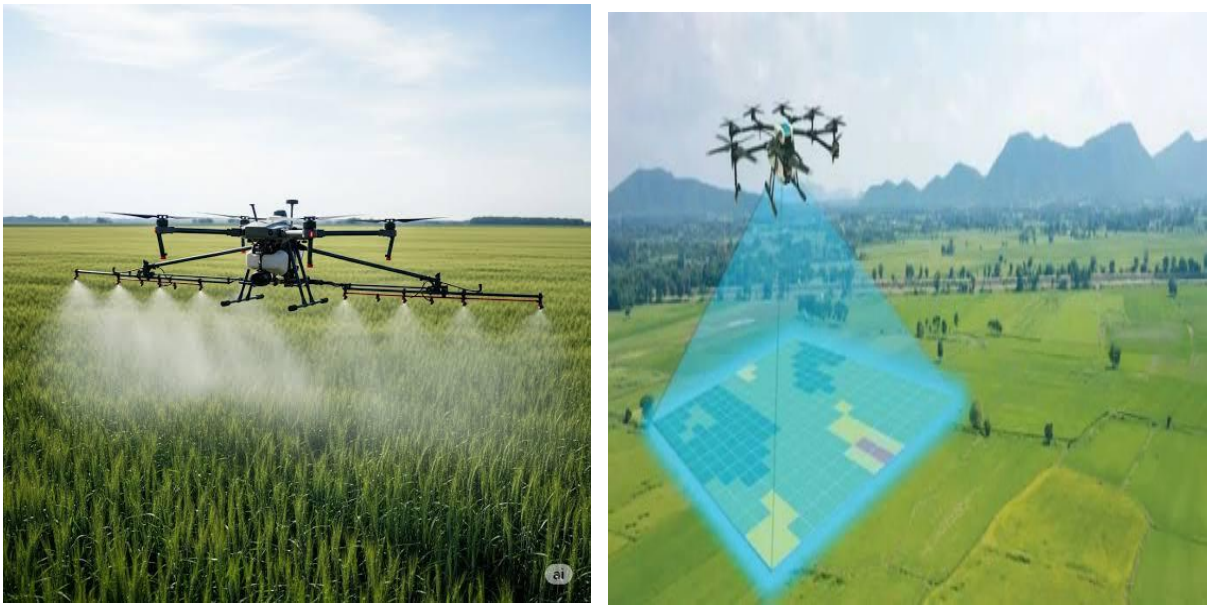
Tarım, sadece insan yaşamını sürdürebilmek için değil, aynı zamanda tarım dışındaki sektörlere hammadde sağlaması, ekonomiye ve istihdama katkı sunması nedeniyle stratejik öneme sahip bir faaliyet alanıdır. Teknolojinin hızlı ilerlemesiyle birlikte yeni cihaz ve tekniklerin tarımda kullanımı, bu alandaki uygulamaların daha verimli ve kolay bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Özellikle teknolojik gelişmelerden son yıllarda dikkat çeken Drone'ların tarımsal faaliyetlerde kullanımının giderek yaygınlaşması ve farklı kullanım alanlarının gelişmesiyle popülerliği artmaktadır. Drone teknolojisinin tarımsal uygulamalarda tercih edilmesi, yalnızca tarımla ilgilenenleri değil, farklı disiplinlerden bireyleri de bu alana yöneltmektedir. Ancak, tarımla doğrudan ilişkisi olmayan kişilerin tarımsal konulardaki teknik

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

bilgi eksiklikleri, drone kullanımında yanlış yaklaşımlara veya etkisiz uygulamalara yol açabilmektedir. Bu çalışmada, drone'lar hakkında temel teknik ve pratik bilgiler verilerek, özellikle tarımsal ilaçlama bağlamında drone kullanımı hakkında bazı bilgiler sunulacaktır.

Uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen veya otomatik bir şekilde kendi gücünün enerjisiyle çalışan, kullanım amacının türüne gör ana gövdesine farklı yararlı yüklerin eklenip çıkarılabildiği araçlar, İnsansız Hava Araçları (İHA) olarak adlandırılmaktadır (Özgüven, 2018). Kompakt yapıları sayesinde farklı vazifelerde kullanılan bu araçlar arasında, dikey uçuş kabiliyetiyle havada sabit kalabilen ve yatay uçuş özelliğiyle uzun menzil avantajı sunan döner-kanatlı araçlar, hareket yetenekleri ve farklı görevlere uyarlanabilir olmalarıyla öne çıkmaktadır. Dikey ve yatay uçuşu birleştiren bu tür araçlar, uçuş kararlılığı, enerji tasarrufu ve kontrol kolaylığı yönünden ideal oldukları için genellikle çift rotorlu veya dört rotorlu tasarımlar tercih edilmektedir (Çetinsoy vd., 2009). Bu tür araçlar "drone" olarak adlandırılmakta olup, belirli bir standart tasarıma sahip olmamakla birlikte ihtiyaçlara göre farklı teknik özelliklere sahip çeşitleri geliştirilebilmektedir (Tan vd., 2015).

Drone'un temel bileşenleri elektronik ve mekanik sistemler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir (Şekil 1). Bu bileşenler; drone'un hareket, manevra ve uçuş stabilitesinin sağlanmasının yanı sıra düşük hızlarda güvenli ve kontrollü uçuş gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır. Bileşenlerin uyumlu çalışması, drone'un uçuş performansını, operasyonel verimliliğini, ekonomik kullanımını ve kontrol kolaylığını doğrudan etkilemektedir.



**Şekil 1. Drone'un temel bileşenleri elektronik ve mekanik sistemler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir**

Yenilikçi teknolojiler arasında yer alan ticari İHA'ların dünya genelinde hızla yaygınlaşması ve dinamik bir sektör haline gelmesi, yasal düzenlemelere olan ihtiyacı artırmıştır. Bu kapsamda, birçok ülkede İHA'lara yönelik kanunlar ve yönetmelikler oluşturulmaktadır. Sensörler, GPS, atalet ölçüm birimleri gibi eklentilerin hem yaygın hem de kompakt hale gelmesi, İHA'ların sivil uygulama alanlarının son yıllarda ciddi şekilde genişlemesine yol açmıştır. Bu gelişmeler, İHA'ların altyapı bakımı, acil durum müdahalesi, madencilik, tarım,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

kargo teslimatı gibi alanlarda metre altındaki hassasiyetlerle otonom şekilde denetim, haritalama, araştırma ve taşımacılık yapabilmesini mümkün kılmaktadır (Sebbane, 2018).

Drone kullanımının artmasıyla birlikte, ülkeler bu araçları havacılık düzenlemelerine dahil etmekte ve mevzuatlarını güncelleme yoluna gitmektedir. Dünya genelinde farklı türde insansız hava araçları (İHA) için çeşitli düzenleyici standartlar uygulanmaktadır. Ulusal drone düzenlemelerinde genelde şu unsurlar öne çıkmaktadır (Um, 2019):

-Uçuş kısıtlamaları (drone ağırlığı, uçuş yüksekliği, nüfus yoğunluğu gibi faktörlere bağlı olarak),

- Profesyonel kullanım için İHA pilot lisansı gerekliliği,
- Ticari kullanımlarda drone kaydının zorunlu olması,
- Radyo dalgası düzenlemelerine uyum,
- Profesyonel faaliyetlerde sigorta şartı.

Sonuç olarak, drone teknolojisinin tarımsal uygulamalara entegrasyonu; üretim süreçlerinin daha hassas, hızlı ve etkin yürütülmesine katkı sağlayarak tarımsal verimliliğin ve sürdürülebilirliğin geliştirilmesinde önemli bir potansiyel sunmaktadır. Özellikle tarımsal ilaçlama, izleme ve arazi değerlendirme çalışmalarında sağladığı avantajlar, gelecekte drone teknolojisinin modern tarımın önemli araçlarından biri olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, bu teknolojinin etkin ve güvenli kullanımı için teknik bilgi, uygun uygulama yöntemleri ve ilgili yasal düzenlemelere uyulması büyük önem taşımaktadır.

## 2-TARIMDA DRONELARIN KULLANIMI

Tarım, hem stratejik hem de yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez bir sektördür. Ancak, artan dünya nüfusu ve hızla ilerleyen kentleşme, tarım alanlarının azalmasına ve kişi başına düşen tarımsal kaynakların (örneğin, su ve arazi) daralmasına yol açmaktadır (Özgüven ve Közkurt, 2021). Tarım faaliyetin temelini bitkisel ve hayvansal üretimde sürdürülebilir, verimli ve ekonomik bir yapı oluşturmaktır. Bu hedef doğrultusunda, teknolojinin tarıma entegre edilmesiyle tarımsal işlemler kolaylaştırılmakta ve çözüm bekleyen sorunlara yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmektedir (Özgüven, 2018).

Tarım sektörü, küresel piyasa dalgalanmaları, ekonomik krizler, iklim değişikliğinin yol açtığı kuraklık, sel ve hortum gibi doğal afetler, bitki hastalıkları, tarım ürünlerinin biyoyakıt gibi farklı alanlarda değerlendirilmesi, tarım arazilerinin madencilik gibi farklı amaçlarla kullanımı, doğal kaynakların tükenmesi ve genç insanların kırsaldan şehirlere göç etmesi gibi birçok faktörün etkisiyle olumsuz yönde etkilenmektedir (Özgüven, 2020; Özgüven vd., 2020). Bu sorunlar, tarımda teknolojinin ve genetik yöntemlerin kullanımını kaçınılmaz hale getirmiştir.

Verimliliği ve ürün kalitesini artırmak için bitkilerin gelişim süreçlerinin iyi izlenmesi ve gerekli müdahalelerin zamanında yapılması şarttır. Basit yapıları ve kolay kullanımlarıyla öne çıkan drone'lar, üzerlerine yerleştirilen sensörler ve kameralar sayesinde yüksek çözünürlüklü görüntüler yakalayabilmekte ve üç boyutlu haritalar oluşturabilmektedir (Tan vd., 2015). Bu sayede çiftçilere tarımsal faaliyetlerde planlama yapma imkânı sunulmakta, güncel veriler toplanmakta ve üretimde verimlilik sağlanmaktadır.

Tarımda drone kullanımının avantaj ve dezavantajları şu şekilde özetlenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Avantajları**

- **Operasyonel Hız ve Kolaylık:** Araziye dair verilerin çok daha hızlı, pratik ve kapsamlı bir şekilde toplanmasını sağlar.
- **Zaman ve İş Gücü Tasarrufu:** Saha araştırmalarında insan gücünün yerini alarak operasyonel süreleri ciddi oranda düşürür.
- **Zorlu Arazi Erişimi:** Geleneksel tarım araçlarının girmekte zorlandığı veya çalışamadığı engebeli, dik ve çamurlu arazilerde kolayca görev yapar. Mahsulün arazisi ve yüksekliğinden etkilenmeden, ergonomik ve yenilikçi bir uzaktan kumanda ile alçak irtifalarda kolayca uçuş yapan dronlar mahsule dezarar vermez.
- **Yüksek Çözünürlüklü Veri Analizi:** Alçak irtifadan uçabilme yeteneği sayesinde bitki sağlığı ve arazi durumu hakkında yüksek uzamsal çözünürlüklü, detaylı görüntüler elde edilmesini sağlar.
- **Maliyet ve Çevre Dostu Yaklaşım:** Akaryakıtla çalışan ağır tarım araçlarının yakıt masraflarını ve doğaya bıraktığı karbon salınımını azaltır. Ayrıca sabit konumda ve yönlendirme ile yapılan ilaçlamalar, su ve toprak kirliliğini önemli ölçüde azaltır. Geleneksel ilaçlama yöntemlerine kıyasla maliyet %97 oranında azalır.
- **Girdi ve Kaynak Tasarrufu:** İlaçlama ve enerji kullanımında nokta atışı uygulamalar yaparak ciddi oranda tasarruf sağlar. Zirai dronlar, günde 50-100 dönüm alanda ilaçlama yapabilme kapasitesine sahip olup, geleneksel yöntemlere kıyasla 30 kat daha fazla verim sağlar. Ayrıca Geleneksel püskürtme yöntemlerine göre %90 oranında su tasarrufu sağlanabilmesi mümkündür.
- **İş Sağlığı ve Güvenliği:** Zorlu saha şartlarında insan gücü kullanımından doğabilecek yaralanmaların ve kimyasal ilaçlara maruz kalmaktan kaynaklı ciddi sağlık sorunlarının önüne geçer.
- **Kullanım ve Bakım Kolaylığı:** Uzun ömürlüdür, bakım maliyetleri düşüktür ve yedek parçalarının değiştirilmesi kolaydır.

**Dezavantajlar**

- **Batarya ve Menzil Sınırı (Kritik Engel):** Mevcut pil teknolojilerinin sunduğu kısa uçuş süreleri, kesintisiz çalışmayı ve geniş alanların tek seferde taranmasını zorlaştırır.
- **Kapasite Sınırlılığı:** Ağır iş makinelerinin ve geleneksel tarım ekipmanlarının gerçekleştirdiği büyük ölçekli mekanik işlerin (toprak işleme, yük taşıma vb.) yerini tutamaz.
- **Sulamada Yetersizlik:** Yüksek hacimli su taşıma kapasiteleri bulunmadığı için tarımsal sulama amacıyla kullanılamazlar.
- **Hava Şartlarına Bağımlılık:** Şiddetli rüzgâr, yağmur veya aşırı sıcak/soğuk gibi olumsuz hava koşullarında uçuş yapamaz ve görevleri kısıtlanır.
- **Siber Güvenlik ve Gizlilik Riskleri:** Sinyal kayıpları, elektromanyetik girişimler, verilerin hacklenmesi ve özel hayatın/arazi gizliliğinin ihlali gibi riskler barındırır.
- **Yasal ve Mevzuat Engelleri:** Ülkeden ülkeye değişen kısıtlayıcı hava sahası düzenlemeleri ve yasal belirsizlikler yaygın kullanımı zorlaştırır.
- **GPS Bağlantı Sorunu:** Kırsal alanlarda çevrimiçi kapsama alanı genellikle bulunmamaktadır. Bu durumda, otonom çalışan dronlar için internet bağlantısına yatırım yapılması gerekebilir, bu da sürekli bir maliyet oluşturabilir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

- **Sadece Uygun Hava Koşullarında Çalışma**: Dronlar, genellikle iyi hava koşullarında çalışabilir. Yağmurlu veya rüzgârlı havalarda drone uçurmak tehlikeli olabilir, bu da tarımda drone kullanım süresini sınırlandırır.
- **Bilgi ve Beceri:** Yeni teknolojiler cazip olsa da, bu teknolojiyi günlük olarak kullanabilmek için yeterli bilgi ve beceri gereklidir. Drone kullanmayı bilmeyen bir çiftçinin, ya gerekli bilgiyi edinmesi ya da deneyimli bir drone pilotuna bağlı kalması gerekir.

## 3. TARIMDA DRONE KULLANIMI VE ÇALIŞMA ALANLARI

Tarımsal faaliyette Drone teknolojisi; zararlı ve hastalıkların belirlenmesi, gübre ve pestisit uygulamaları, yabancı otların belirlenmesi, verimin tahmini, bitki stres analizleri, ürün gelişimesinin izlenmesi, bitki türlerinin sınıflandırılması, fenolojik özelliklerin tespiti, tohum ekimi, su yönetimi ve sürü yönetimi vb. birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

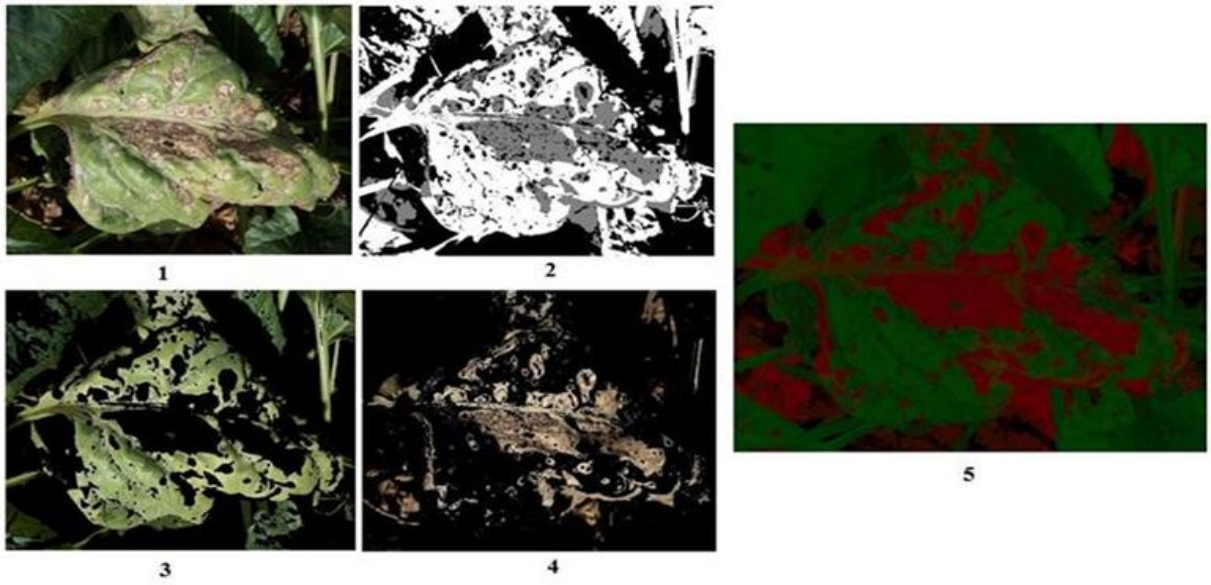
### 3.1. Drone ile Tarımsal İlaçlama

Drone kullanılarak gerçekleştirilen tarla ilaçlaması, tarımsal verimliliğin artırılmasının yanı sıra zaman, iş gücü ve maliyet tasarrufu sağlayan etkili bir uygulamadır. Bu teknoloji, kimyasal tarım ilaçlarıyla doğrudan teması azaltarak uygulayıcıların maruziyet riskinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Drone ile gerçekleştirilen ilaçlama sayesinde, ekili alanların zararlı organizmalar ve hastalık etmenlerine karşı korunması mümkün olmaktadır. Traktörle yapılan uygulamalarda ortaya çıkabilen mahsul kayıpları, yüksek yakıt tüketimi, uzun işlem süreleri ve ilaçlara yakın temas gibi sorunlar drone teknolojisiyle önemli ölçüde azaltılabilmektedir. El ile gerçekleştirilen ilaçlama uygulamalarında görülen zaman kaybı, yüksek iş gücü gereksinimi ve ilaçlara uzun süreli maruziyet de bu teknoloji sayesinde azaltılmaktadır. Ayrıca, havadan kontrollü püskürtme olanağı sunan dronlar, geniş tarım alanlarında etkin ve hassas ilaçlama yapılmasına olanak sağlayarak üretim süreçlerinin daha verimli ve ekonomik yürütülmesine katkıda bulunmaktadır.

### 3.2. Bitki Hastalık Tespiti

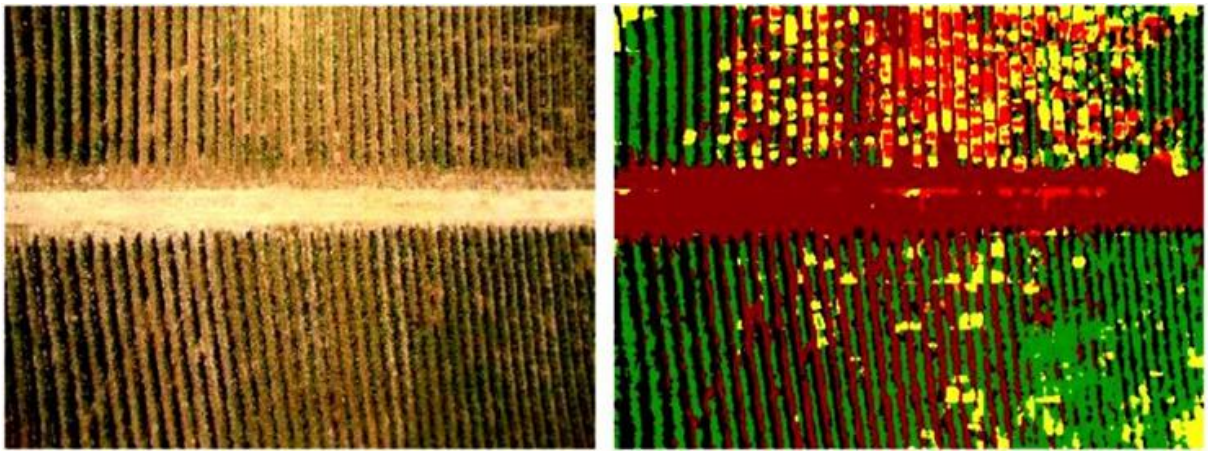
Altaş ve arkadaşları (2018) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, Drone teknolojisiin kullanılmasıyla şeker pancarı tarlasından alınan görüntüler, geliştirilen görüntü işleme algoritmaları yardımıyla analiz edilmiş ve yaprak lekesi hastalığı (*Cercospora beticola* Sacc.) tespit edilmiştir. Bu yöntemle, hem hastalığın varlığı hem de mevcutsa hangi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Arazi üzerinde çeşitli zaman ve doğal aydınlanma şartlarında, drone'un 30-60 cm yükseklikten çektiği ve hastalığın farklı gelişim aşamalarını içeren 12 görüntü, MATLAB programındaki görüntü işleme araçlarıyla analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, görüntü işleme tekniklerinin elde ettiği verilerin, uzman değerlendirmeleriyle karşılaştırıldığında, gözle tespit edilemeyen bir hassasiyetle hastalıklı alanın kesin değerlerini sunduğu ortaya konulmuştur. Yaprak lekesi hastalığının görüntü işleme tekniği ile tespiti ve analizi, Şekil 2'te detaylı olarak gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Şekil 2. Yaprak Leke Hastalığı Tespiti: 1- Orijinal görüntü, 2- Piksel etiketleme, 3- Yeşil segment, 4-Kahverengi segment, 5- Kontrast geliştirme (Altaş ve ark., 2018).**

Kerkech ve arkadaşları (2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, drone üzerine yerleştirilen RGB ve multispektral kameralarla bağda mildiyö hastalığının tespiti incelenmiştir. Araştırmada, RGB ve kızılötesi görüntülerin kombinasyonu kullanılarak hastalık haritaları oluşturulmuştur. Her pikselin gölge, zemin, sağlıklı veya semptom taşıyan alan olarak sınıflandırılması için derin öğrenme tabanlı segmentasyon yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda oluşturulan hastalık haritalarıyla bitki genelinde %92, yaprak bazında ise %87 doğruluk oranıyla mildiyö hastalığının tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, hastalıkların erken teşhisi ve yönetimi açısından drone teknolojisinin etkinliğini ortaya koymaktadır. Mildiyö hastalığını gösteren bir örnek hastalık haritası Şekil 3'te sunulmuştur.



**Şekil 3. Mildiyö Hastalık Haritası (Kerkech vd., 2020)**

Şekil 3'te, yeşil renk sağlıklı alanları, kahverengi renk ise toprağı temsil etmektedir. Siyah renk gölge bölgelerini gösterirken, bağ mildiyösünün belirtileri RGB görüntülemede sarı, kızılötesi görüntülemede ise turuncu piksellerle ifade edilmiştir. Her iki görüntüleme yönteminde de belirtilerin kesiştiği alanlar kırmızı piksellerle vurgulanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 3.3. Bitki Zararlıların Tespiti ve Pestisit Uygulaması

Chen vd. (2021) tarafından yapılan bir araştırmada, meyve ağaçlarında zararlılar ve kimyasal mücadele yapılacak alanlar tespit edilmiştir. Çalışmada, drone ayrdımıyla ile çekilen zararlı görüntüleri, ağ üzerinden meyve bahçesinde kurulu bulunan NVIDIA Jetson TX2 gömülü sistemine aktarılmaktadır. TX2, zararlıları gerçek zamanlı olarak tanıyarak, onların gelişim aşamalarını ve yerlerini belirler. Bu bilgiler, en uygun pestisit püskürtme yolunun planlanmasında kullanılmaktadır.



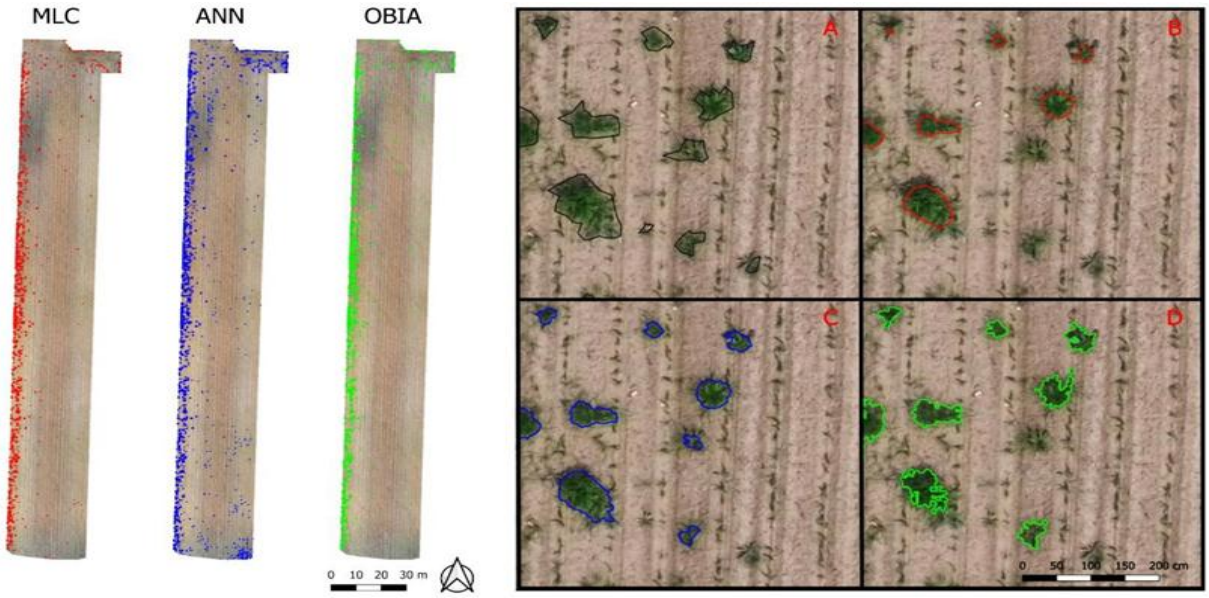
**Şekil 4. Pestisit Uygulanacak Alanlar (Chen vd., 2021)**

Şekil 4'te görüleceği üzere, zararlıların yerleri tespit edilmesiyle, bu zararlıların çevresindeki 5 metrelik alanda pestisit uygulanacak alanlar sarı noktalı dairelerle gösterilmiştir. Kırmızı yıldızlar ise drone uçuşları sırasında konumlandırma ve kalibrasyon işlemleri için referans koordinat noktalarını temsil etmektedir.

### 3.4. Yabancı Ot Tespiti

Mattivi ve arkadaşları (2021), mısır bitkisinde yabancı otların mekânsal dağılımını belirlemek ve haritalamak amacıyla düşük maliyetli, küçük bir ticari drone kullanarak önemli bir araştırma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, yerden 35 metre yükseklikten 120 coğrafi referanslı fotoğraf çekilmiş ve bu görüntüler yabancı otların tespiti için üç farklı yöntemle analiz edilmiştir: **Maksimum Olabilirlik Sınıflandırıcısı (MLC), Yapay Sinir Ağı (ANN) modeli** (SAGA GIS üzerindeki OpenCV kitaplığını kullanarak) v**e Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (OBIA).** Eld**e** edilen sonuçlar, tarladaki yabancı otların başarıyla haritalandığını göstermiştir: ANN yöntemiyle %99.55, MLC yöntemiyle %99.50 ve OBIA yöntemiyle %99.38 doğruluk oranlarına ulaşılmıştır. Ayrıca, bu yöntemlerle oluşturulan haritalar yardımıyla, alana özel yabancı ot yönetimi için reçete haritaları geliştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, tarımsal alanlarda hassas tarım uygulamaları için drone teknolojisinin potansiyelini ortaya koymaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Şekil 5. Solda; MLC, ANN ve OBIA Yöntemi ile Elde Edilen Yabancı Ot Haritaları ve Sağda; Haritaların Detayı *Referans Verileri, B) MLC, C) ANN, D) OBIA (*Mattivi vd., 2021).**

Şekil 5'te solda yer alan haritaların oluşturulması için önceliğin sisteme yarı otomatik bir sınıflandırma uygulanmış ve bitki, yabancı ot ile toprak referans verileri manuel olarak tanımlanmıştır. Sonrasında Şekil 7'de detayları gösterilen haritalardaki referans veriler üzerinden, üç farklı yöntemle yabancı ot tespiti yapılmış, bu verilerin özellikleri çıkarılarak sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır.

### 3.5. Tarımsal İlaçlama

Tarımsal alanda drone kullanımı, en çok olarak zirai ilaçlama uygulamalarında gerçekleştirilmektedir. Ancak, mevcut ilaçlama drone'ları ve uygulamaları bazı önemli eksiklikler barındırmaktadır. Bu nedenle, ilaçlama drone'larının geliştirilmesi ve sahadaki ilaçlama işlemlerinin daha etkili ve başarılı bir şekilde yapılabilmesi için aşağıdaki unsurların dikkate alınması gerektiği ifade edilmektedir:

- İlaçlamada en önemli kural, hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlarla mücadelede, ilaçlamanın yapıldığı yüzeye etkili dozda ilaç temasının sağlanmasıdır. Bu sebeple, ilaç damlacıklarının çapı, ilaç normu, damla sıklığı, damla değme açısı ve kaplama oranı gibi faktörler çok önemlidir.

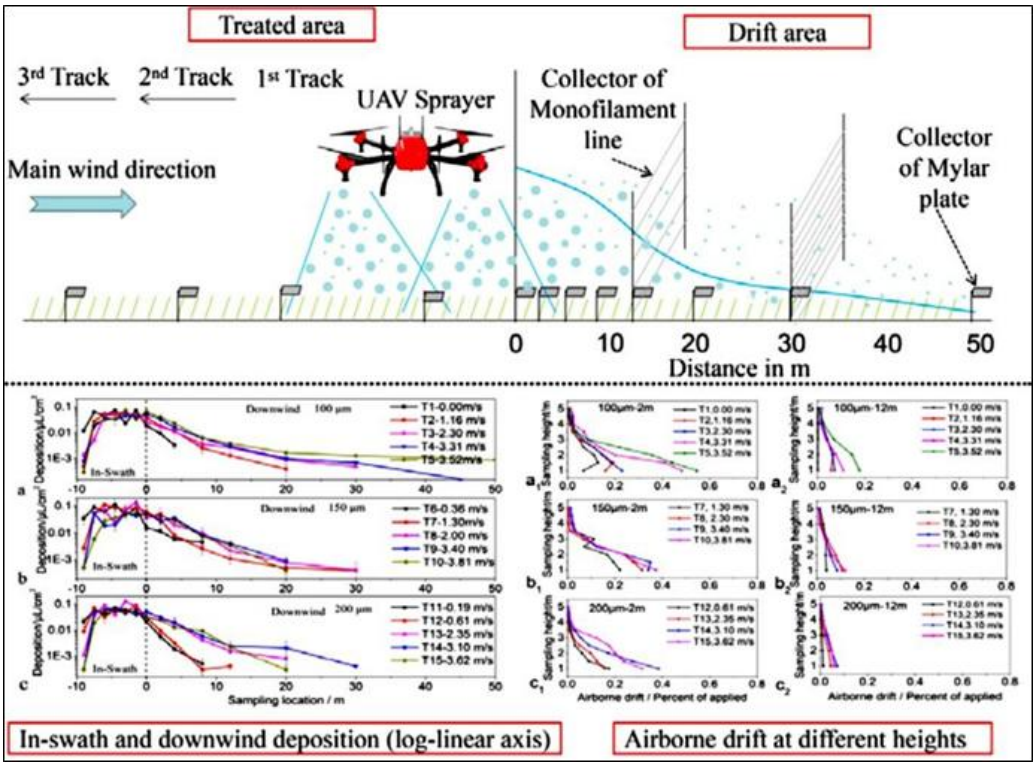
- İlacın doğru bir şekilde kullanılabilmesi için, gerekli parametrelerin uygun şekilde ayarlanması gerekir. Bunlar arasında meme tipi, meme sayısı, püskürtme deseni (içi boş konik, içi dolu konik, düz yelpaze hüzmeli), meme aralıkları, meme eğim açısı, hüzme açısı, çalışma basıncı ve ilaçlama sırasında meme yüksekliği gibi faktörler yer alır. Bu parametrelerin doğru şekilde ayarlanması, etkin bir ilaçlama için önemlidir.

- İlaçlama sırasında, ilaçların düzgün ve homojen bir şekilde dağılması ve dozajların ilaçlama süresince sabit kalması önemlidir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

• İlaçların uygulama vakti, atmosfer koşulları ve ilerleme hızı, ilaçlamanın başarısı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bu yüzden ilaçlama, rüzgârsız havada ve günün serin saatlerinde, özellikle sabah erken saatlerde veya akşam üzeri yapılmalıdır. Ayrıca, ilaçlama işlemi başlamadan önce doğru ilaçlama hızı belirlenmelidir.

Wang vd. (2020), tarımsal ilaçlamada düşük hacimli İHA (İnsansız Hava Aracı) uygulamalarının, küçük ve çok küçük çaplı damlacıklar kullanılarak giderek daha yaygın hale geldiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, İHA ile yapılan ilaçlama sırasında ilaç sürüklenmesini değerlendirmek için, gerçekte tarla koşullarında farklı rüzgar hızlarına maruz kalan ve santrifüj memelerle donatılmış ticari bir kuadkopter kullanarak, üç farklı hacim medyan çapına (100, 150 ve 200 μm) sahip damlacıkların sürüklenme potansiyelini karşılaştırmışlardır (Şekil 6). Çalışma sonuçlarına göre, rüzgar hızının artışı ve damlacık çapının küçülmesiyle sürüklenme miktarının arttığı, ayrıca tarla testlerinde 12 m rüzgar yönünde sürüklenme kaplamasının, ot namlusu bölgesindeki ortalama kaplamaya göre biraz daha düşük olduğu, 50 m rüzgar yönüne doğru ise ilaçların hemen hemen tamamının sürüklenme kaplamasının 0.0002 μL/cm²'lik algılama sınırının altında kaldığı tespit edilmiştir.




**Şekil 6. İHA ile Tarımsal İlaçlamada Sürüklenmenin Belirlenmesi Çalışmasının Sonuçları (Wang vd., 2020)**

İnan ve Karcı (2021), Çalışmalarında drone kullanarak tarımda ağaçların ilaçlanması için yenilikçi bir yöntem geliştirmeyi ve uygulamayı amaçlamışlardır. Önerilen yöntemde, drone'dan elde edilen görüntüler Python ortamına aktarılmış ve OpenCV Kütüphanesi ile Warp Perspective işlemi uygulanarak perspektif görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler, üst üste bindirilip ResNet 50 evrişimli sinir ağı (CNN) ile desteklenen DeepForest kütüphanesi kullanılarak ağaçlar tespit edilmiştir. Elde edilen ağaç skorlarına göre, ağaçların yerleri dikdörtgen bir alan içinde belirlenmiş ve her ağacın orta noktası tespit edilmiştir. Bu orta

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

noktalara isim verilerek, ağaçlar arasındaki komşuluk ilişkileri ortaya konulmuştur. Belirlenen komşuluklar doğrultusunda, ağaçlar arasında bir kapsama ağacı (spanning tree) oluşturulmuş ve algoritmaya parametre olarak verilerek her ağacın baskınlık değeri (Kmax) hesaplanmıştır. Bu baskınlık değerlerine dayanarak, optimum bir rota planlaması yapılmış ve drone'un hangi ağaçtan başlayarak hangi ağaçları takip ederek ilaçlama yapacağı belirlenmiştir.

Tarımsal ilaçlamada drone kullanımının başarısının artırılması, mevcut avantajların güçlendirilmesi ve dezavantajların azaltılması ile mümkün olacaktır. Drone kullanımının avantajları ve dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

**Tarımsal ilaçlamada Drone Kullanmanın Avantajları**:

- Güvenlik: Zirai dronlar, zararlı böcek ilaçlarının kullanımında çiftçileri zehirlenmeden korur ve yaz aylarında tarlada çalışırken güneş yanığı riskini ortadan kaldırır.
- Yüksek Verim: Zirai dronlar, günde 50-100 dönüm alanda ilaçlama yapabilme kapasitesine sahip olup, geleneksel yöntemlere kıyasla 30 kat daha fazla verim sağlar.
- Çevre Koruma:** Sabit konumda ve yönlendirme ile yapılan ilaçlamalar, su ve toprak kirliliğini önemli ölçüde azaltır.
- Atıkların Azaltılması: Yüksek atomizasyon ile pestisit kullanımında %30 tasarruf sağlanır.
- Su Tasarrufu: Geleneksel püskürtme yöntemlerine göre %90 oranında su tasarrufu sağlanabilir. Bu, yalnızca ultra düşük hacimli drone püskürtme teknolojisi ile mümkün olur.
- Daha Düşük Maliyet: Geleneksel ilaçlama yöntemlerine kıyasla maliyet %97 oranında azalır.
- Geniş Uygulama Alanı: Mahsulün arazisi ve yüksekliğinden etkilenmeden, ergonomik ve yenilikçi bir uzaktan kumanda ile alçak irtifalarda kolayca uçuş yapılabilir. Ayrıca, dronlar mahsule zarar vermez.
- Kullanım ve Bakım Kolaylığı:* Uzun ömürlüdür, bakım maliyetleri düşüktür ve yedek parçalarının değiştirilmesi kolaydır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımda drone teknolojilerinin kullanımının hızla yaygınlaşması, hassas tarım uygulamalarının geliştirilmesi ve tarımsal üretimde verimliliğin artırılması açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Drone donanımlarındaki çeşitlenme, görüntüleme sistemlerindeki gelişmeler, yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme uygulamalarının yaygınlaşması; hastalık ve zararlıların erken teşhisi, ürün gelişiminin izlenmesi ve noktasal ilaçlama gibi uygulamaların daha etkin biçimde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Gelecekte 5G ve benzeri yüksek hızlı iletişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla, otonom drone'lar, tarımsal robotlar ve akıllı makinelerin gerçek zamanlı veri paylaşımı yoluyla koordineli şekilde çalışması mümkün olacaktır. Bu gelişmeler, tarımsal sorunların görüntü işleme ve yapay zekâ destekli sistemlerle otomatik olarak belirlenmesini ve gerekli müdahalelerin insan müdahalesi en aza indirilerek gerçekleştirilmesini sağlayabilecek tam entegre uzman sistemlerin gelişimine zemin hazırlamaktadır. Bununla birlikte, teknolojinin etkin kullanımının sağlanabilmesi için teknik altyapının güçlendirilmesi, çiftçilerin ve uygulayıcıların drone teknolojileri ile tarımsal parametreler konusunda eğitilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yerli donanım, yazılım ve teknik servis kapasitesinin geliştirilmesi; Ar-Ge faaliyetleri, genç girişimciler ve araştırmacılara

yönelik teşviklerle desteklenmelidir. Bu doğrultuda gerçekleştirilecek yatırımlar, Türkiye'nin hem yerel hem de küresel tarım teknolojileri pazarındaki rekabet gücünü artıracaktır.

## KAYNAKÇA

Altaş, Z., Özgüven, M. M., & Yanar, Y. (2018). Determination of sugar beet leaf spot disease level (*Cercospora beticola* Sacc.) with image processing technique by using drone. *Current Investigations in Agriculture and Current Research, 5*(3), 639–643.

Altaş, Z., Özgüven, M. M., & Yanar, Y. (2019, 24–27 Nisan). Bitki hastalık ve zararlı düzeylerinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniklerinin kullanımı: Şeker pancarı yaprak leke hastalığı örneği. *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference Proceedings Book* (ss. 489–497). Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kayseri, Türkiye.

Altaş, Z., Özgüven, M., Güven, D. Ve Çam, A. (2022). Tarımda Drone Kullanımı ve Geleceği Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg. 2022; 12 (1): 64-83.

Bestaoui Sebbane, Y. (2018). *Intelligent autonomy of UAVs: Advanced missions and future use*. CRC Press.

Chen, C. J., Huang, Y. Y., Lu, Y. S., Chen, Y. C., Chang, C. Y., & Huang, Y. M. (2021). Identification of fruit tree pests with deep learning on embedded drone to achieve accurate pesticide spraying. *IEEE Access, 9*, 21986–21997. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056082

İnan, M. ve Karcı, A. (2021). Tarımda ağaç ilaçlamanın drone'larla yapılmasında yeni bir yöntemin geliştirilmesi ve uygulanması. Computer Science, 6(2), 72-89. https://dergipark.org.tr/en/pub/bbd/issue/62530/928229

Kazaz, S., Kılıç, T., Doğan, E., Mendi, N. Y., & Karagüzel, Ö. (2020). Süs bitkileri üretiminde mevcut durum ve gelecek. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1* (ss. 673–698). Ankara.

Kerkech, M., Hafiane, A. ve Canals, R. (2020). Vine disease detection in uav multispectral images using optimized image registration and deep learning segmentation approach. Computers and Electronics in Agriculture, 174, 105446. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105446

Mattivi, P., Pappalardo, S. E., Nikolic, N., Mandolesi, L., Persichetti, A., Marchi, M. D. ve Masin, R. (2021). Can commercial low-cost drones and open-source gıs technologies be suitable for semi- automaticweed mapping for smart farming? A case study in ne Italy. Remote Sensing, 13(10), 1869 https://doi.org/10.3390/rs13101869

Özgüven, M. M. (2018). The newest agricultural technologies. Current Investigations in Agriculture and Current Research, 5(1), 573-580. https://doi.org/10.32474/CIACR.2018.05.000201

Özgüven, M. M. (2018). Hassas tarım. Akfon Yayınları. ISBN 978-605-68762-4-0

Özgüven, M. M. (2020). Tarımda dijital dönüşüm ve akıllı makineler. Yeni Türkiye Dergisi, Tarım Politikaları Özel Sayısı, 114(2), 105-132

Özgüven, M. M., Türker, U., Akdemir, B., Çolak, A., Acar, A. İ., Öztürk, R. ve Eminoğlu, M. B. (2020). Tarımda dijital çağ. Türkiye Ziraat Müh. IX. Teknik Kongresi, 55-74.

Özgüven, M. M., & Közkurt, C. (2021). Agricultural robots and smart agricultural machinery. In *International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies* (pp. 81–85). Bandırma Onyedi Eylül University.

Tan, M., Özgüven, M. M., & Tarhan, S. (2015). Drone sistemlerin hassas tarımda kullanımı. *29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi ve Enerji Kongresi Bildirileri* (ss. 543–547). Diyarbakır, Türkiye.

Um, J.-S. (2019). *Drones as cyber-physical systems: Concepts and applications for the fourth industrial revolution*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3741-3

Wang, G., Han, Y., Li, X., Andaloro, J., Chen, P., Hoffmann, W., Han, X., Chen, S. ve Lan, Y. (2020). Field evaluation of spray drift and environmental ımpact using an agricultural unmanned aerial vehicle (uav) sprayer. Science of the Total Environment, 737, 139793. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139793

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# AGROEKOSİSTEMDE BÖCEKLERİN ÇOĞALMASINI OLUMSUZ ETKİ EDEN ABİYOTİK FAKTÖRLER

**Prof. Dr. Mehmet KAPLAN**

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 56100, Merkez, SİİRT

**email:** mehmetkaplan@siirt.edu.tr

**ORCID ID:** 0000-0002-2495-8075

## ÖZET

Böceklerin popülasyon dinamikleri ve üreme başarısı, biyotik etkileşimlerin yanı sıra çevresel koşullardaki değişimlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle sıcaklık, nem, yağış, ışık, rüzgâr, toprak özellikleri ve atmosferik koşullar gibi abiyotik faktörler; böceklerin gelişme, beslenme, çiftleşme, yumurta bırakma ve döl verimi gibi temel yaşam süreçlerini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Sıcaklık, böceklerin metabolik faaliyetlerini ve gelişme hızlarını belirleyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Optimum sıcaklık aralığının altında veya üzerinde gerçekleşen koşullar, gelişme süresinin uzamasına, yumurta ve larva canlılığının azalmasına ve erişkin bireylerin üreme kapasitesinin düşmesine neden olabilmektedir. Benzer şekilde, aşırı düşük veya yüksek bağıl nem, yumurta açılım oranı, larval gelişim ve erişkinlerin hayatta kalma başarısı üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Kuraklık ve düzensiz yağış rejimleri ise bitkilerin su stresine maruz kalmasına ve dolayısıyla böceklerin besin kaynaklarının miktar ve kalitesinin azalmasına yol açabilmektedir. Bunun yanında, ışık süresi ve yoğunluğu böceklerin fotoperiyodik tepkilerini, çiftleşme davranışlarını ve mevsimsel üreme döngülerini düzenleyebilmektedir. Aşırı rüzgâr ise uçuş, çiftleşme, konukçu bitkiye ulaşma ve yumurta bırakma davranışlarını sınırlandırabilmektedir. Bu nedenle abiyotik faktörlerin tek başına değil, birbirleriyle etkileşim içerisinde değerlendirilmesi, böcek popülasyonlarının üreme potansiyelinin ve çevresel değişimlere verdiği tepkilerin anlaşılması açısından önem taşımaktadır. İklim değişikliğiyle birlikte sıcaklık ve yağış rejimlerinde meydana gelen değişimlerin böceklerin çoğalması üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, tarımsal zararlıların gelecekteki popülasyon dinamiklerinin öngörülmesi ve sürdürülebilir zararlı yönetim stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Agroekosistem, böcekler, üreme, abiyotik faktörler, iklim değişikliği,

# ABIOTIC FACTORS ADVERSELY AFFECTING INSECT REPRODUCTION IN AGROECOSYSTEMS

## ABSTRACT

Insect population dynamics and reproductive success are significantly influenced by changes in environmental conditions, in addition to biotic interactions. In particular, abiotic factors such

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

as temperature, humidity, precipitation, light, wind, soil properties, and atmospheric conditions can directly or indirectly affect fundamental life processes, including development, feeding, mating, oviposition, and reproductive output. Temperature is one of the most important environmental factors determining the metabolic activity and developmental rates of insects. Conditions below or above the optimum temperature range may result in prolonged developmental periods, reduced egg and larval survival, and decreased reproductive capacity of adult individuals. Similarly, extremely low or high relative humidity may adversely affect egg hatchability, larval development, and adult survival. Drought and irregular precipitation regimes can cause water stress in plants, thereby reducing the quantity and quality of food resources available to insects. In addition, photoperiod and light intensity may regulate insects' photoperiodic responses, mating behavior, and seasonal reproductive cycles. Excessive wind can also restrict flight, mating, host plant location, and oviposition behavior. Therefore, evaluating abiotic factors not only individually but also in terms of their interactions is essential for understanding the reproductive potential of insect populations and their responses to environmental changes. Determining the effects of climate change-induced alterations in temperature and precipitation regimes on insect reproduction is of great importance for predicting the future population dynamics of agricultural pests and developing sustainable pest management strategies.

**Keywords:** Agroecosystem, insects, reproduction, abiotic factors, climate change

## 1. GİRİŞ

Böcekler, ekosistemlerde önemli ekolojik işlevlere sahip olmakla birlikte, tarımsal üretimde ekonomik kayıplara neden olabilen önemli organizma gruplarından biridir. Böceklerin popülasyon büyüklüğü, gelişme hızı, yaşam süresi ve üreme başarısı; biyotik etkileşimlerin yanı sıra sıcaklık, bağıl nem, yağış, ışıklanma ve rüzgâr gibi abiyotik çevresel faktörler tarafından önemli ölçüde düzenlenmektedir. Özellikle sıcaklık, ektotermik canlılar olan böceklerde metabolik faaliyetlerin, gelişme hızının, davranışların ve üreme performansının belirlenmesinde temel bir çevresel değişken olarak kabul edilmektedir (Stabentheiner, 2026). Bununla birlikte, sıcaklığın böcekler üzerindeki etkisi doğrusal olmayıp türün optimum sıcaklık aralığına bağlı olarak değişebilmekte; optimum sınırların altında veya üzerindeki sıcaklıklar gelişme ve üreme süreçlerinde olumsuzluklara neden olabilmektedir.

Uluslararası araştırmalar, özellikle aşırı sıcaklıkların böceklerin üreme başarısı üzerinde önemli baskılar oluşturabildiğini göstermektedir. *Tribolium castaneum* üzerinde yürütülen deneysel bir çalışmada, sıcak hava dalgalarının özellikle pupa ve genç ergin dönemlerinde erkek üreme sistemini olumsuz etkilediği, sperm üretimi ve canlılığında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Sales et al., 2021). Benzer şekilde, *Gryllus bimaculatus* üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, yüksek sıcaklığa maruz kalan erkek bireylerin daha düşük yavru üretimi gösterdiği ve sıcak hava dalgalarının yaşam süresinden bağımsız olarak üreme başarısını azaltabildiği bildirilmiştir (Ratz et al., 2024). Bu sonuçlar, sıcaklık stresinin yalnızca ölüm oranlarını değil, subletal düzeylerde dahi böceklerin popülasyon devamlılığını belirleyen üreme süreçlerini etkileyebileceğini göstermektedir. Ayrıca sıcaklık etkilerinin böceğin yaşam dönemine göre

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

farklılaşabildiği ve bu nedenle gelişimsel dönemlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Sales et al., 2021).

Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalar da sıcaklık ve bağıl nemin böcek ve akarların biyolojik özellikleri üzerinde belirgin etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Güldalı ve Çobanoğlu (2011), kuru meyve akarı *Carpoglyphus lactis* üzerinde farklı sıcaklık ve nem kombinasyonlarını incelemiş; sıcaklık ve nem artışının gelişme süresini kısalttığını ve dişi başına yumurta verimini değiştirdiğini belirlemiştir. Benzer şekilde Ataş ve Kaydan (2014), *Pseudococcus comstocki*'nin gelişme, yaşama ve döl veriminin farklı sıcaklıklardan ve konukçu bitki türlerinden etkilendiğini bildirmiştir. *Tuta absoluta* üzerinde yapılan çalışmada ise farklı sıcaklıkların zararlının gelişme süresini önemli ölçüde değiştirdiği ve sıcaklığa bağlı gelişim eşiklerinin bulunduğu ortaya konmuştur (Özgökçe et al., 2016).

İklim değişikliğiyle birlikte sıcaklıkların yükselmesi ve aşırı hava olaylarının daha sık görülmesi, abiyotik stres faktörlerinin böcek popülasyonları üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda sıcaklık, nem ve diğer çevresel değişkenlerin böceklerin gelişme ve üreme süreçleri üzerindeki bireysel ve etkileşimli etkilerinin ortaya konulması; popülasyon dinamiklerinin anlaşılması, tarımsal zararlıların gelecekteki dağılımının öngörülmesi ve sürdürülebilir zararlı yönetim stratejilerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

## 2. AGROEKOSİSTEMDE BÖCEKLERİN ÇOĞALMASINI OLUMSUZ ETKİLEYEN ABİYOTİK FAKTÖRLER

### 2.1. Abiyotik Faktörlerin Böceklerin Üreme Biyolojisi Üzerindeki Genel Etkileri

Böceklerin popülasyon dinamikleri; doğum, ölüm, gelişme, göç ve üreme gibi temel yaşam süreçlerinin çevresel koşullara verdiği tepkilerin bir sonucu olarak şekillenmektedir. Bu süreçler üzerinde biyotik faktörlerin yanı sıra sıcaklık, bağıl nem, yağış, ışıklanma süresi, rüzgâr ve diğer atmosferik değişkenler gibi abiyotik faktörler önemli rol oynamaktadır. Özellikle ektotermik organizmalar olan böceklerde çevre sıcaklığı, metabolik faaliyetlerin hızını ve buna bağlı olarak gelişme, davranış, yaşam süresi ve üreme performansını doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle çevresel koşullardaki küçük değişimler dahi yumurta bırakma, çiftleşme, sperm üretimi, yumurta gelişimi ve yavru canlılığı gibi üreme ile ilişkili özelliklerde önemli değişikliklere yol açabilmektedir (Lahondère, 2023; Stabentheiner, 2026).

Böceklerin çevresel faktörlere verdiği tepki genellikle doğrusal değildir. Her türün gelişme ve üreme açısından optimum, minimum ve maksimum tolerans sınırları bulunmaktadır. Optimum koşulların dışına çıkıldığında gelişme hızında azalma, davranış bozuklukları, beslenme faaliyetlerinde gerileme ve üreme kapasitesinde düşüş meydana gelebilmektedir. Özellikle yüksek sıcaklıkların ölümcül olmadığı durumlarda dahi üreme başarısını azaltabilmesi, abiyotik stresin popülasyonlar üzerindeki etkisinin yalnızca mortalite üzerinden değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Güncel çalışmalar, termal stresin yaşam süresi üzerinde belirgin bir değişiklik oluşturmadan fertilite ve döl veriminde önemli kayıplara neden olabileceğini ortaya koymaktadır (Ratz et al., 2024; Snook et al., 2026).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Abiyotik faktörlerin etkileri tek tek ortaya çıkabileceği gibi çoğu zaman birbirleriyle etkileşim halinde gerçekleşmektedir. Örneğin yüksek sıcaklık koşullarında atmosferik nemin düşük olması su kaybını artırarak böceklerin fizyolojik stres düzeyini yükseltebilir. Benzer şekilde sıcaklık ile yağış rejimindeki değişimler, konukçu bitkilerin gelişimini ve besin kalitesini değiştirerek böceklerin beslenme ve üreme performansını dolaylı biçimde etkileyebilir. Bu nedenle böceklerin çoğalmasını sınırlayan çevresel faktörlerin değerlendirilmesinde tek bir değişkene odaklanmak yerine çoklu çevresel koşulların birlikte ele alınması gerekmektedir.

### 2.2. Sıcaklığın Böceklerin Çoğalması Üzerindeki Etkileri

Sıcaklık, böceklerin biyolojisini etkileyen en önemli abiyotik faktörlerden biridir. Böceklerin vücut sıcaklığı büyük ölçüde çevre sıcaklığına bağlı olduğundan, metabolik faaliyetleri de sıcaklıktaki değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Sıcaklığın belirli bir aralıkta artması gelişme hızını artırabilmekte ve generasyon süresini kısaltabilmektedir. Ancak sıcaklığın tür için optimum sınırların üzerine çıkması durumunda metabolik dengenin bozulması, protein ve enzim fonksiyonlarının zarar görmesi, su kaybının artması ve üreme dokularında fizyolojik hasar meydana gelmesi mümkündür (Lahondère, 2023; Stabentheiner, 2026).

Düşük sıcaklıklar da böceklerin üreme kapasitesini sınırlandırabilmektedir. Düşük sıcaklıklarda metabolik faaliyetlerin yavaşlaması, yumurta gelişiminin uzaması, larval gelişimin gecikmesi ve erişkinlerin çiftleşme aktivitelerinin azalması söz konusu olabilir. Bununla birlikte bazı böcek türleri düşük sıcaklık koşullarında diyapoz adı verilen fizyolojik bir dinlenme dönemine girebilmektedir. Diyapoz sırasında gelişme ve üreme faaliyetleri önemli ölçüde baskılanarak olumsuz mevsim koşullarının atlatılması sağlanmaktadır (Saunders, 2020). Dolayısıyla düşük sıcaklık, bazı türlerde doğrudan ölüm meydana getirmekten ziyade üreme faaliyetlerinin geçici olarak durmasına veya generasyon süresinin uzamasına neden olabilir.

Yüksek sıcaklıkların böceklerin üreme sistemleri üzerindeki etkisi ise son yıllarda iklim değişikliği bağlamında daha fazla araştırılmaktadır. Sales ve arkadaşları (2021), model böcek türü *Tribolium castaneum* üzerinde gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada sıcak hava dalgalarının farklı yaşam dönemlerinde üreme ve yaşam süresi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, yüksek sıcaklık stresinin özellikle erkek üreme biyolojisini olumsuz etkilediği ve bazı etkilerin stres sonrasında belirli ölçülerde devam edebildiği ortaya konmuştur. Bu bulgu, kısa süreli sıcaklık dalgalarının dahi böcek popülasyonlarının gelecekteki büyüme kapasitesi üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Benzer şekilde Ratz ve arkadaşları (2024), *Gryllus bimaculatus* erkekleri üzerinde yaptıkları çalışmada, 33 ve 39 °C sıcaklıkta beş gün süren sıcak hava dalgalarının üreme başarısını etkilediğini göstermiştir. En yüksek sıcaklık uygulamasına maruz kalan erkekler daha az yavru üretmiş, ancak yaşam sürelerinde belirgin bir azalma görülmemiştir. Araştırmacılar bu sonucu, termal stresin ölüm meydana getirmeden önce üreme performansı üzerinde subletal etkiler oluşturabileceği şeklinde değerlendirmiştir (Ratz et al., 2024). Bu durum, iklim değişikliğinin böcek popülasyonları üzerindeki etkilerinin yalnızca ölüm oranları üzerinden değerlendirilmesinin yetersiz olabileceğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'de yapılan çalışmalar da sıcaklığın böceklerin gelişme ve üreme özellikleri üzerindeki önemini desteklemektedir. Ataş ve Kaydan (2014), *Pseudococcus comstocki*'nin farklı sıcaklıklardaki gelişme, yaşam ve döl verimini incelemiş ve sıcaklığın yanı sıra konukçu bitki

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

türünün de popülasyon artışını etkilediğini ortaya koymuştur. Araştırmada farklı sıcaklık koşullarında zararlının biyolojik performansının değiştiği belirlenmiştir.
Özgökçe ve arkadaşları (2016) tarafından Türkiye'de gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise domates güvesi *Tuta absoluta*'nın farklı sabit sıcaklıklardaki gelişimi incelenmiştir. Araştırmada 15–34 °C arasındaki sıcaklık koşulları değerlendirilmiş ve sıcaklığın zararlının toplam gelişme süresi üzerinde belirgin etkisi olduğu ortaya konmuştur. Bu sonuç, sıcaklık değişimlerinin yalnızca bireysel gelişimi değil, generasyon sayısı ve dolayısıyla popülasyon artış potansiyelini de etkileyebileceğini göstermektedir.
Sonuç olarak sıcaklığın böceklerin çoğalması üzerindeki etkisi, türün termal toleransına ve yaşam dönemine bağlı olarak değişmektedir. Optimum sıcaklık aralığından sapmaların gelişme ve üreme başarısını azaltması, özellikle sıcak hava dalgalarının sıklaştığı günümüz iklim koşullarında önemli bir ekolojik ve tarımsal sorun olarak değerlendirilmektedir.

### 2.3. Bağıl Nem ve Su Stresinin Böceklerin Üremesine Etkisi

Bağıl nem, böceklerin su dengesi ve fizyolojik faaliyetleri açısından önemli bir çevresel değişkendir. Böcekler küçük vücut büyüklükleri nedeniyle çevresel nem değişimlerine karşı oldukça duyarlı olabilirler. Özellikle düşük bağıl nem koşullarında vücut yüzeyinden su kaybının artması, böceklerin metabolik faaliyetlerini ve yaşamını olumsuz etkileyebilir. Yüksek bağıl nem ise bazı türlerde gelişme ve yumurta açılımını destekleyebilmekle birlikte, aşırı nem koşulları patojenlerin ve fungal hastalıkların gelişimini artırarak dolaylı biçimde böcek popülasyonlarını etkileyebilir. Chang ve arkadaşları (2008), çevresel nem ve yağışın böceklerin gelişme, yaşam, davranış, üreme ve popülasyon dinamikleri üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu bildirmiştir. Araştırmacılara göre atmosferik nem ve toprak nemi, böceklerin vücut su dengesini doğrudan etkilerken yağışlar aynı zamanda böcekleri fiziksel olarak yıkayarak tarla popülasyonlarının azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle nem ve yağış, özellikle tarımsal zararlıların popülasyon yoğunluğunun belirlenmesinde önemli çevresel faktörlerdir (Chang et al., 2008).

Türkiye'de Güldalı ve Çobanoğlu (2011) tarafından kuru meyve akarı *Carpoglyphus lactis* üzerinde gerçekleştirilen çalışma, sıcaklık ve bağıl nemin birlikte değerlendirilmesi bakımından önemli bir örnektir. Araştırmada 18, 23 ve 28 °C sıcaklıklar ile %65 ve %80 bağıl nem koşulları karşılaştırılmıştır. Farklı sıcaklık ve nem kombinasyonlarının gelişme süresi, ergin yaşam süresi, ovipozisyon süresi ve dişi başına bırakılan yumurta sayısı üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek yumurta sayısı 28 °C ve %80 bağıl nem koşullarında elde edilmiştir (Güldalı & Çobanoğlu, 2011). Bu çalışma, nemin böcek ve akarların üremesi üzerindeki etkisinin sıcaklıktan bağımsız olarak değerlendirilemeyeceğini göstermesi bakımından önemlidir. Aynı sıcaklıkta farklı nem koşullarının farklı biyolojik sonuçlara neden olabilmesi, çevresel faktörler arasındaki etkileşimin önemini ortaya koymaktadır.

Düşük nem koşullarında ise özellikle yumurta ve genç dönemlerde su kaybı önemli bir sınırlayıcı faktör olabilir. Yumurtaların gelişebilmesi için belirli düzeyde nem gerekebilir ve aşırı kurak koşullar yumurta canlılığını azaltabilir. Benzer şekilde larval dönemde su kaybının artması beslenme faaliyetlerinin azalmasına ve gelişme süresinin uzamasına yol açabilir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

İklim değişikliği ile birlikte kuraklık dönemlerinin uzaması ve hava sıcaklıklarının artması, düşük nem kaynaklı stresin böcekler üzerindeki etkisini daha önemli hale getirmektedir. Bununla birlikte nemin etkisi türler arasında farklılık gösterebilir. Dolayısıyla tarımsal zararlıların gelecekteki popülasyon değişimlerini tahmin ederken sıcaklık ve nemin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

### 2.4. Yağış ve Kuraklığın Böceklerin Üreme Başarısı Üzerindeki Etkileri

Yağış, böcek popülasyonlarını hem doğrudan hem de dolaylı mekanizmalar aracılığıyla etkileyebilmektedir. Şiddetli yağışlar küçük vücutlu böceklerin bitki yüzeylerinden uzaklaşmasına, yumurta ve larvaların fiziksel olarak zarar görmesine ve beslenme faaliyetlerinin kesintiye uğramasına neden olabilir. Buna karşılık düzenli ve yeterli yağış, konukçu bitkilerin gelişimini destekleyerek bazı herbivor böcekler için daha uygun beslenme koşulları oluşturabilir. Chang ve arkadaşları (2008), yağışların böcek popülasyonlarını fiziksel olarak azaltabildiğini ve özellikle yoğun yağışların bitki yüzeyindeki böceklerin yıkanmasına neden olabildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte yağışın etkisi türün yaşam alanına, gelişme dönemine ve yağışın zamanlamasına bağlı olarak değişmektedir.

Kuraklık ise farklı bir mekanizma üzerinden böceklerin üreme başarısını sınırlandırabilir. Uzun süreli su eksikliği, bitkilerde su stresine yol açarak bitkinin büyümesini, yaprak su içeriğini ve besin bileşimini değiştirebilir. Bu durum, bitkiyle beslenen böceklerin besin kalitesini ve dolayısıyla gelişme ve üreme performansını etkileyebilir. Ayrıca kuraklık nedeniyle bitki örtüsünün azalması, böceklerin barınma ve üreme alanlarının daralmasına neden olabilir. Yağış rejimindeki değişimler özellikle böceklerin mevsimsel yaşam döngülerini de etkileyebilmektedir. Yağışların normalden erken veya geç başlaması, konukçu bitkilerin fenolojisini değiştirebilir ve böceklerin yumurtlama veya larval gelişim dönemleriyle besin kaynaklarının bulunabilirliği arasında uyumsuzluk oluşturabilir. Bu durum özellikle dar konukçu aralığına sahip türlerde üreme başarısının azalmasına yol açabilir. Öte yandan yağışın her zaman böcek popülasyonlarını azaltmadığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı türlerde yağış, yumurta bırakma alanlarının oluşmasını ve larval gelişim için uygun mikro habitatların meydana gelmesini sağlayabilir. Bu nedenle yağışın böcek popülasyonları üzerindeki etkisi doğrusal değildir ve yağış miktarı kadar yağışın süresi, şiddeti, sıklığı ve mevsimsel zamanlaması da önem taşımaktadır.

İklim değişikliği bağlamında düzensiz yağış rejimleri, uzun süreli kuraklıklar ve kısa süreli aşırı yağışların artması, böceklerin üreme başarısında daha büyük dalgalanmalara neden olabilir. Bu durum tarımsal zararlıların popülasyon tahminlerini zorlaştırmakta ve zararlı yönetiminde meteorolojik verilerin daha etkin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

### 2.5. Işık, Fotoperiyot ve Böceklerin Üreme Döngüsü

Işık ve özellikle fotoperiyot, böceklerin mevsimsel yaşam döngülerinin düzenlenmesinde önemli rol oynayan abiyotik faktörlerdir. Gün uzunluğundaki değişimler, böcekler tarafından mevsimsel koşulların bir göstergesi olarak algılanabilmekte ve gelişme, üreme, göç ve diyapoz gibi süreçlerin zamanlamasını düzenleyebilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Fotoperiyodik yanıtlar özellikle ılıman bölgelerde yaşayan böceklerde önemlidir. Günlerin kısalması veya uzaması, bazı türlerde üreme faaliyetlerinin başlamasını veya durmasını tetikleyebilir. Saunders (2020), böceklerde fotoperiyodizmin diyapoz ve mevsimsel gelişim düzenlenmesinde önemli bir mekanizma olduğunu belirtmektedir. Fotoperiyot, böceğin biyolojik saat sistemi tarafından algılanarak hormonal ve fizyolojik değişikliklere dönüştürülmekte ve böylece mevsimsel yaşam döngüsünün uygun zamanlaması sağlanmaktadır.

Fotoperiyodun üreme üzerindeki etkisi özellikle diyapoza giren türlerde belirgindir. Uygun olmayan gün uzunluğu koşullarında erişkin bireylerde çiftleşme ve yumurta bırakma faaliyetleri baskılanabilir. Bazı türlerde kısa gün koşulları diyapozu tetiklerken, diğer türlerde uzun gün koşulları gelişme ve üremenin devam etmesini sağlayabilir. Bu nedenle fotoperiyodik tepkinin yönü türün ekolojik özelliklerine bağlıdır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, fotoperiyodik sinyallerin sıcaklıkla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıkların mevsimsel takvimden bağımsız olarak değişmesi, böceklerin fotoperiyot tarafından belirlenen gelişim programlarıyla sıcaklık koşulları arasında uyumsuzluk oluşturabilir. Örneğin sıcak bir sonbahar, gün uzunluğu diyapozu tetikleyen bir seviyede kalmasına rağmen gelişme faaliyetlerinin devam etmesine yol açabilir. Benzer şekilde erken ilkbahar sıcaklıkları erişkin çıkışını hızlandırırken fotoperiyodik sinyalin henüz uygun olmaması üreme zamanlamasında bozulmalara neden olabilir. Gotthard ve arkadaşları (2026), böceklerin iklim değişkenliğine verdiği tepkilerde yaşam öyküsü özellikleri ile termal fizyolojinin yanı sıra fotoperiyodik mekanizmaların da önemli olduğunu vurgulamaktadır. Özellikle diyapoz başlangıcının enlem boyunca fotoperiyodik sinyallere bağlı olarak değişebildiği bildirilmektedir. Bu nedenle ışık ve fotoperiyot, böceklerin çoğalmasını etkileyen bağımsız bir faktör olmanın yanında sıcaklık ve mevsimsel koşullarla birlikte değerlendirilmesi gereken önemli bir çevresel sinyaldir.

### 2.6. Rüzgârın Böceklerin Çiftleşme ve Üreme Davranışları Üzerindeki Etkisi

Rüzgâr, böceklerin hareket, uçuş ve iletişim davranışlarını etkileyen önemli bir fiziksel çevre faktörüdür. Özellikle uçuş kapasitesi düşük olan veya küçük vücutlu böceklerde yüksek rüzgâr hızları, bireylerin konukçu bitkilere ulaşmasını, eş bulmasını ve uygun yumurtlama alanlarına hareket etmesini sınırlandırabilir.

Çiftleşme davranışının uçuşa veya feromonlarla kimyasal iletişime bağlı olduğu türlerde rüzgârın etkisi daha belirgin hale gelebilir. Yüksek rüzgâr hızları feromonların dağılımını değiştirebilir ve erkek bireylerin dişileri bulma başarısını azaltabilir. Bunun sonucunda çiftleşme oranı düşebilir ve dişi bireylerin yumurtalarının döllenme olasılığı azalabilir. Rüzgâr aynı zamanda bitki yüzeylerindeki yumurta ve larvaların fiziksel olarak zarar görmesine neden olabilir. Özellikle açık tarım alanlarında yüksek rüzgâr, böceklerin konukçu bitkiler üzerindeki konumlarını değiştirebilir veya küçük bireylerin bitkiden uzaklaşmasına yol açabilir. Ancak rüzgârın etkisi türün uçuş yeteneği, vücut büyüklüğü, yaşam alanı ve bitki mimarisi gibi özelliklere göre değişmektedir. Bu nedenle rüzgârın böceklerin üreme başarısı üzerindeki etkisi çoğu zaman sıcaklık, nem ve bitki örtüsüyle birlikte ortaya çıkmaktadır. Yoğun bitki örtüsü

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

rüzgâr hızını azaltarak böcekler için daha uygun bir mikroklima oluşturabilirken, açık ve bitki örtüsünün sınırlı olduğu alanlarda rüzgârın etkisi daha belirgin olabilir.

### 2.7. Aşırı Sıcaklıklar ve İklim Değişikliğinin Böceklerin Üremesine Etkisi

İklim değişikliği, böceklerin karşı karşıya olduğu abiyotik stres faktörlerinin hem şiddetini hem de sıklığını değiştirmektedir. Ortalama sıcaklık artışının yanı sıra sıcak hava dalgalarının daha sık ve uzun süreli meydana gelmesi, böceklerin termal tolerans sınırlarını zorlayabilmektedir. Bununla birlikte böceklerin iklim değişikliğine verdiği tepkiler yalnızca sıcaklık artışı ile sınırlı değildir. Yağış rejimindeki değişimler, kuraklık, aşırı hava olayları ve mevsimsel koşullardaki kaymalar da üreme süreçlerini etkileyebilmektedir.

Ratz ve arkadaşlarının (2024) çalışması, aşırı sıcaklığın böceklerde ölüm meydana getirmeden önce üreme başarısını azaltabileceğini göstermesi bakımından dikkat çekicidir. *Gryllus bimaculatus* erkeklerinde yüksek sıcaklığa maruz kalma sonucunda yavru üretiminin azalması, popülasyonların çevresel stres karşısında doğrudan mortalite olmaksızın da baskılanabileceğini göstermektedir. Sales ve arkadaşları (2024) tarafından gerçekleştirilen deneysel evrim çalışması da sıcaklık stresinin erkek üreme biyolojisi açısından önemli bir seçilim baskısı oluşturabileceğini göstermiştir. Çalışmada daha sıcak termal koşullarda yetişen erkeklerin sıcak hava dalgası koşullarındaki üreme performanslarının iyileşebildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte bu tür adaptasyonların çevresel değişimin hızı ve şiddeti tarafından sınırlandırılabileceği vurgulanmaktadır. Güncel bir derleme çalışmasında Stabentheiner (2026), sıcaklığın böceklerde büyüme, gelişme ve üremenin temel belirleyicilerinden biri olduğunu ve böceklerin çevresel sıcaklık değişimlerine fizyolojik ve davranışsal mekanizmalarla yanıt verdiğini belirtmektedir. Benzer şekilde Snook ve arkadaşları (2026), ölümcül olmayan sıcaklık stresinin dahi hayvanlarda fertilite ve fekunditeyi azaltabildiğini ve bu etkilerin popülasyonların devamlılığı açısından önemli sonuçlar doğurabileceğini bildirmiştir.

Bu bulgular, iklim değişikliğinin böcek popülasyonları üzerindeki etkisinin yalnızca "böcek sayısının azalması veya artması" şeklinde değerlendirilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Üreme kapasitesindeki küçük değişimler bile birkaç generasyon içerisinde popülasyon büyüklüğünde önemli değişimlere yol açabilir. Özellikle tarımsal zararlılarda sıcaklık artışı bazı türlerin generasyon süresini kısaltarak popülasyon artışını hızlandırabilirken, aşırı sıcaklıkların üreme sistemleri üzerindeki baskılayıcı etkisi bu artışı tersine çevirebilir. Dolayısıyla iklim değişikliğinin böcek popülasyonlarına etkisi tür, coğrafya, yaşam dönemi ve çevresel koşullara bağlı olarak farklı yönlerde gerçekleşebilir. Bu nedenle gelecekteki popülasyon değişimlerinin tahmin edilmesinde yalnızca ortalama sıcaklık değerleri değil, ekstrem sıcaklık olayları, günlük sıcaklık dalgalanmaları, nem, yağış ve fotoperiyot gibi değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

### 2.8. Abiyotik Faktörlerin Birlikte Etkisi ve Böcek Popülasyon Dinamikleri

Böceklerin çoğalmasını etkileyen abiyotik faktörlerin en önemli özelliklerinden biri, bu faktörlerin çoğunlukla tek başına hareket etmemesidir. Sıcaklık, nem, yağış ve fotoperiyot gibi çevresel değişkenler aynı anda değişmekte ve birbirlerinin böcekler üzerindeki etkilerini artırabilmekte veya azaltabilmektedir. Örneğin yüksek sıcaklık ile düşük nemin aynı anda meydana gelmesi, yalnızca sıcaklık stresinden daha güçlü bir fizyolojik stres oluşturabilir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Yüksek sıcaklık metabolizma hızını artırırken düşük nem su kaybını hızlandırabilir. Bu durum böceğin enerji kaynaklarının önemli bir bölümünü termal ve osmotik dengeyi korumaya yönlendirmesine neden olabilir. Sonuç olarak üreme için ayrılabilecek enerji azalabilir ve yumurta üretimi veya sperm kalitesi düşebilir. Benzer şekilde sıcaklık ve yağış arasındaki etkileşim de önemlidir. Sıcaklıkların artması gelişme hızını artırırken aynı dönemde kuraklık meydana gelmesi konukçu bitkinin besin kalitesini düşürebilir. Bu durumda sıcaklığın teorik olarak artırdığı gelişme hızının biyolojik olarak gerçekleşmesi mümkün olmayabilir. Dolayısıyla sıcaklık temelli modellerin bitki su durumu ve yağış gibi değişkenlerle desteklenmesi gerekmektedir.

Türkiye'deki çalışmalar bu etkileşimlerin önemini açık biçimde göstermektedir. Güldalı ve Çobanoğlu (2011), sıcaklık ve bağıl nemin farklı kombinasyonlarının *C. lactis*'in gelişme ve yumurta üretimini değiştirdiğini belirlemiştir. Ataş ve Kaydan (2014) ise sıcaklığın etkisinin konukçu bitki türüne göre değişebildiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, böceklerin çevresel streslere verdikleri tepkilerin yalnızca tek bir faktör üzerinden açıklanamayacağını göstermektedir.

Uluslararası literatürde de benzer şekilde sıcaklık, yağış ve diğer çevresel değişkenlerin böceklerin gelişme, üreme, dağılım ve popülasyon dinamikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle iklim değişikliği altında çevresel değişkenlerin eş zamanlı olarak değişmesi, böceklerin gelecekteki popülasyon büyüklüğünün tahmin edilmesini daha karmaşık hale getirmektedir.

### 2.9. Tarımsal Zararlılar Açısından Abiyotik Faktörlerin Önemi

Abiyotik faktörlerin böceklerin çoğalması üzerindeki etkilerinin anlaşılması, tarımsal zararlıların yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Zararlı türlerin gelişme eşikleri, generasyon süreleri ve üreme kapasiteleri sıcaklık ve diğer çevresel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle meteorolojik verilerin kullanıldığı fenoloji modelleri, zararlıların ortaya çıkış zamanlarının ve popülasyon artış dönemlerinin tahmin edilmesinde kullanılabilmektedir.

Türkiye'de *Tuta absoluta* üzerine gerçekleştirilen çalışmalar bu açıdan önemlidir. Özgökçe ve arkadaşları (2016), farklı sıcaklık koşullarında zararlının gelişme süresinin değiştiğini ortaya koymuş ve sıcaklığa bağlı gelişme modellerinin oluşturulmasına temel oluşturabilecek veriler sağlamıştır. Benzer şekilde *Pseudococcus comstocki* üzerinde yapılan çalışma, sıcaklık ve konukçu bitki etkileşiminin zararlının popülasyon artış kapasitesini değiştirebildiğini göstermiştir (Ataş & Kaydan, 2014). Bu bilgiler, entegre zararlı yönetiminde çevresel koşulların dikkate alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Örneğin sıcaklıkların zararlı tür için uygun olduğu dönemlerde yumurta bırakma ve larval gelişimin hızlanması beklenebilir. Buna karşılık aşırı sıcaklık, düşük nem veya şiddetli yağış gibi olumsuz koşullar popülasyon artışını baskılayabilir. Böylece mücadele uygulamalarının zamanlaması daha doğru şekilde belirlenebilir. İklim değişikliğinin tarımsal alanlarda zararlıların dağılımını ve popülasyon dinamiklerini değiştirme potansiyeli nedeniyle, gelecekte abiyotik faktörlerin dikkate alındığı tahmin modellerinin önemi daha da artacaktır. Ancak iklim değişikliğinin tüm zararlı türler üzerinde aynı sonucu doğuracağı düşünülmemelidir. Bazı türler daha yüksek sıcaklıklardan

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

yararlanarak daha fazla generasyon oluşturabilirken, sıcaklık tolerans sınırları düşük olan türlerde popülasyon baskılanabilir.

Sonuç olarak, böceklerin çoğalmasını olumsuz etkileyen abiyotik faktörlerin belirlenmesi yalnızca temel entomoloji açısından değil, aynı zamanda tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından da önemlidir. Sıcaklık, nem, yağış, fotoperiyot ve rüzgâr gibi faktörlerin böceklerin yumurta üretimi, çiftleşme, gelişme ve yavru canlılığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, zararlıların popülasyon dinamiklerinin daha doğru anlaşılmasına olanak sağlayacaktır. Bunun yanında çevresel faktörlerin birlikte değerlendirilmesi, iklim değişikliğinin gelecekte böcek popülasyonları üzerindeki olası etkilerinin daha güvenilir şekilde öngörülmesine katkı sağlayacaktır.

## 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Böceklerin çoğalma ve popülasyon gelişimi, çevresel koşullardaki değişimlere karşı oldukça duyarlı olup sıcaklık, bağıl nem, yağış, fotoperiyot ve rüzgâr gibi abiyotik faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu faktörler; böceklerin gelişme süresi, yaşam oranı, çiftleşme davranışı, yumurta üretimi, yumurta açılımı ve yavru bireylerin yaşama başarısı üzerinde doğrudan veya dolaylı etkiler oluşturabilmektedir. Özellikle sıcaklık, böceklerin metabolik faaliyetlerini ve gelişme hızını belirleyen temel çevresel faktörlerden biri olmakla birlikte, optimum sıcaklık aralığının dışına çıkılması üreme performansının azalmasına neden olabilmektedir. Bunun yanında düşük nem ve kuraklık koşulları su kaybını artırarak fizyolojik stres oluştururken, aşırı yağışlar yumurta ve larvaların zarar görmesine ve bireylerin konukçu bitkilerden uzaklaşmasına neden olabilmektedir. Fotoperiyot ise özellikle mevsimsel üreme ve diyapoz süreçlerinin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, böceklerin çoğalmasını etkileyen abiyotik faktörlerin tek başına değil, birbirleriyle olan etkileşimleri dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle iklim değişikliğiyle birlikte sıcak hava dalgaları, kuraklık ve düzensiz yağışların daha sık görülmesi, böcek popülasyonlarının üreme dinamiklerinde önemli değişimlere yol açabilecek bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı sıcaklık ve nem koşullarının birlikte değerlendirildiği, uzun süreli ve kontrollü deneysel çalışmaların artırılması önerilmektedir. Ayrıca tarımsal alanlarda meteorolojik veriler ile böceklerin gelişme ve üreme parametrelerinin birlikte izlenmesi, popülasyon değişimlerinin önceden tahmin edilmesine katkı sağlayacaktır. Elde edilen verilerin entegre zararlı yönetimi programlarına dahil edilmesi, mücadele uygulamalarının doğru zamanda gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilir tarımsal üretimin desteklenmesi açısından önem taşımaktadır.

## KAYNAKÇA

Ataş, M., & Kaydan, M. B. (2014). Investigations on biological characteristics of *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Hemiptera: Pseudococcidae) on different two mulberry species and different temperatures. *Turkish Journal of Entomology, 38*(1), 71–82. https://doi.org/10.16970/ted.22743.

Chang, X., Gao, H., Chen, F., & Zhai, B. (2008). Effects of environmental moisture and precipitation on insects: A review. *Chinese Journal of Ecology, 27*(4), 619–625.

Gotthard, K., Berger, D., & Rohner, P. (2026). Life-history evolution of insects in response to climate variation: Seasonal timing versus thermal physiology. *Annual Review of Entomology, 71*, 129–148.

Güldalı, B., & Çobanoğlu, S. (2011). Kuru meyve akarı *Carpoglyphus lactis* (L., 1758) (Acari: Carpoglyphidae)'in farklı sıcaklık ve nem koşullarında biyolojik özelliklerinin saptanması üzerine araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi, 35*(2), 313–324.

Lahondère, C. (2023). Recent advances in insect thermoregulation. *Journal of Experimental Biology, 226*(18), jeb245751. https://doi.org/10.1242/jeb.245751.

Özgökçe, M. S., Bayındır, A., & Karaca, İ. (2016). Temperature-dependent development of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae). *Turkish Journal of Entomology, 40*(1). https://doi.org/10.16970/ted.64743.

Ratz, T., Chechi, T. S., Dimopoulou, A.-I., Sedlmair, S. D., & Tuni, C. (2024). Heatwaves inflict reproductive but not survival costs to male insects. *Journal of Experimental Biology, 227*(6), jeb246698. https://doi.org/10.1242/jeb.246698.

Sales K, Vasudeva R, Gage MJG (2021). Fertility and mortality impacts of thermal stress from experimental heatwaves on different life stages and their recovery in a model insect. R Soc Open Sci. 2021 Mar 10;8(3):201717. doi: 10.1098/rsos.201717. PMID: 33959335; PMCID: PMC8074959Saunders, D. S. (2020). Dormancy, diapause, and the role of the circadian system in insect photoperiodism. *Annual Review of Entomology, 65*, 373–389. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025116.

Sales, K., Gage, M. J. G., & Vasudeva, R. (2024). Experimental evolution reveals that males evolving within warmer thermal regimes improve reproductive performance under heatwave conditions in a model insect. *Journal of Evolutionary Biology, 37*(11), 1329–1344. https://doi.org/10.1093/jeb/voae116.

Snook, R. R., Bretman, A., Dougherty, L. R., et al. (2026). The consequences of rising temperatures for animal fertility. *Nature Reviews Biodiversity, 2*, 225–241.

Stabentheiner, A. Insects in variable environments: thermal performance, standard metabolic rate, and strategies to escape its limitations. *J Comp Physiol B* (2026). https://doi.org/10.1007/s00360-026-01677-w

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PEPPERMİNT ve SPEARMİNT ÇAYLARINDA DEMLEME SICAKLIĞININ TOPLAM FENOLİK MADDE ve ANTİOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİSİ

**Dr. Öğretim Üyesi Hülya ŞEN ARSLAN[1,2]**
**[1]Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, hsenarslan@kmu.edu.tr 0000-0003-0116-9062**
**[2]Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü**

## ÖZET

Bitki çayları, içerdikleri fenolik bileşikler ve antioksidan kapasiteleri sayesinde son yıllarda giderek daha fazla ilgi gören fonksiyonel içecekler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, dünya genelinde en yaygın tüketilen nane türlerinden tıbbi nane (*Mentha piperita* L., peppermint) ve tarla nanesi (*Mentha spicata* L., spearmint) yapraklarından hazırlanan çayların, iki farklı demleme sıcaklığında (70 °C ve 95 °C) toplam fenolik madde miktarı (TFMM) ve antioksidan aktivite parametreleri (DPPH ve ABTS radikal süpürücü aktivite) açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular, demleme sıcaklığının yükseltilmesinin her iki nane türünde de fenolik ekstraksiyonu ve antioksidan aktiviteyi anlamlı biçimde artırdığını ortaya koymuştur ($p < 0,05$). En yüksek TFMM değeri, 95 °C'de demlenen peppermint örneklerinde 1125,05 ± 34,02 mg GAE/g olarak belirlenmiş; bu örnekleri aynı sıcaklıkta demlenen spearmint (968,45 ± 12,35 mg GAE/g) ve 70 °C'de demlenen peppermint (980,84 ± 75,46 mg GAE/g) izlemiştir. En düşük fenolik içerik ise 70 °C'de demlenen spearmint örneğinde (841,52 ± 15,76 mg GAE/g) saptanmıştır. Antioksidan aktivite açısından da benzer bir örüntü gözlemlenmiş; DPPH inhibisyon değerleri %56,36 – %75,22, ABTS inhibisyon değerleri ise %67,25 – %88,65 aralığında yer almıştır. Her iki parametrede en yüksek değerler 95 °C'de demlenen peppermint örneğine ait olurken, ABTS yöntemi dört örneği dört farklı istatistiksel grup halinde ayırt edebilme kapasitesiyle daha yüksek bir ayrım gücü göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, demleme sıcaklığının nane çaylarının fonksiyonel değeri üzerinde belirleyici bir teknolojik parametre olarak konumlandığını ve özellikle yüksek sıcaklıkta demlemenin, spearmint gibi görece düşük fenolik içerikli türlerde antioksidan potansiyeli belirgin biçimde iyileştirdiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, demleme sıcaklığı, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# The Effect of Brewing Temperature on Total Phenolic Content and Antioxidant Activity in Peppermint and Spearmint Teas

## Abstract

Herbal teas, due to their phenolic compounds and antioxidant capacity, are among the functional beverages that have gained increasing attention in recent years. This study aimed to compare the total phenolic content (TFMM) and antioxidant activity parameters (DPPH and ABTS radical scavenging activity) of teas prepared from the leaves of peppermint (Mentha piperita L., peppermint) and spearmint (Mentha spicata L., spearmint), two of the most widely consumed mint species worldwide, at two different brewing temperatures (70 °C and 95 °C). The findings revealed that increasing the brewing temperature significantly increased phenolic extraction and antioxidant activity in both mint species ($p < 0.05$). The highest TFMM value was determined as 1125.05 ± 34.02 mg GAE/g in peppermint samples brewed at 95 °C; These samples were followed by spearmint brewed at the same temperature (968.45 ± 12.35 mg GAE/g) and peppermint brewed at 70 °C (980.84 ± 75.46 mg GAE/g). The lowest phenolic content was found in the spearmint sample brewed at 70 °C (841.52 ± 15.76 mg GAE/g). A similar pattern was observed in terms of antioxidant activity; DPPH inhibition values ranged from 56.36% to 75.22%, and ABTS inhibition values ranged from 67.25% to 88.65%. The highest values for both parameters belonged to the peppermint sample brewed at 95 °C, while the ABTS method showed higher discriminatory power, being able to distinguish the four samples into four different statistical groups. The results show that brewing temperature is a decisive technological parameter influencing the functional value of mint teas, and that brewing at higher temperatures significantly improves the antioxidant potential, especially in species with relatively low phenolic content such as spearmint.

**Keywords:** *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, brewing temperature, total phenolic content, antioxidant activity

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. GİRİŞ

Nane, *Lamiaceae* (ballıbabagiller) familyasına ait *Mentha* cinsinin geniş bir yelpazede yayılım gösteren türlerinden oluşan aromatik bir bitki grubudur. Bu cinsin dünya genelinde en çok tanınan ve en yaygın kullanılan iki türü, karakteristik keskin aromasıyla öne çıkan tıbbi nane (*Mentha piperita* L., peppermint) ile daha yumuşak ve tatlımsı aromasıyla bilinen tarla nanesi (*Mentha spicata* L., spearmint) olarak sıralanabilir. Her iki tür de temel aromalarını içerdikleri uçucu yağ bileşenlerinden alır; *M. piperita*'da başlıca aroma bileşeni mentol ve mentonken, *M. spicata*'da ise karvon baskındır (Özgüven ve Kırıcı, 1999). Bu iki türün yaprakları, geleneksel tıpta binlerce yıldır sindirim rahatsızlıklarının giderilmesinde, ferahlatıcı içecek olarak ve solunum yolu semptomlarının hafifletilmesinde kullanılmıştır. Günümüzde ise özellikle bitki çayı formunda tüketimi giderek yaygınlaşmakta; hem Avrupa hem de Orta Doğu ülkelerinde kafeinsiz ve fonksiyonel bir sıcak içecek alternatifi olarak öne çıkmaktadır (Öztürk, 2020). Nane çayları, sahip oldukları duyusal özelliklerin ötesinde, bünyelerinde barındırdıkları fenolik bileşikler ve uçucu yağ fraksiyonlarıyla da tüketiciye önemli bir biyoaktif bileşen kaynağı sunmaktadır.

Bitki çaylarında biyoaktif bileşenlerin sulu faza aktarımı temel olarak demleme (infüzyon) süreci ile gerçekleşmektedir. Bu süreçte sıcak suyun bitki matrisi ile temas etmesi, hücre duvarında bulunan fenolik bileşiklerin çözünmesini ve sulu faza difüzyonunu tetiklemektedir. Demleme sırasında sıcaklık, süre, su/bitki oranı ve suyun sertliği gibi parametreler ekstrakte edilen fenolik bileşiklerin nicel ve nitel özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Kulcan, 2016). Nane yapraklarının başlıca fenolik bileşenleri arasında rosmarinik asit, kafeik asit, klorojenik asit ve luteolin-7-*O*-glukozit ile eriositrin gibi flavonoid türevleri yer almaktadır (Sağlam ve ark., 2022). Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen kısa süreli demlemelerin fenolik bileşiklerin sulu faza geçişini artırdığı, ancak sürenin aşırı uzatılması durumunda bazı ısıya duyarlı bileşenlerin degradasyona uğrayabildiği bildirilmektedir. Bu bağlamda demleme, yalnızca duyusal bir hazırlık aşaması değil; aynı zamanda çayın nihai fenolik profilini belirleyen temel bir teknolojik süreç olarak değerlendirilmelidir.

Fenolik bileşiklerin demleme yoluyla sulu faza aktarımı, nane çaylarının antioksidan kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir. Söz konusu bileşikler, hidrojen atomu ve/veya elektron transferi mekanizmaları üzerinden serbest radikalleri nötralize edebilmekte; böylece oksidatif stresle ilişkilendirilen çeşitli kronik hastalıkların önlenmesinde koruyucu bir rol üstlenebilmektedir (Fard, 2024). Demleme koşullarının optimize edilmesiyle nane çaylarının antioksidan

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

potansiyelinin en üst düzeye taşınabilmesi mümkün olmakta; bu durum, söz konusu içeceklerin yalnızca geleneksel bir ferahlatıcı olmaktan öte, fonksiyonel bir ürün olarak konumlandırılabileceğine işaret etmektedir.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak kullanılan nane türleri ticari bir işletmeden temin edilmiştir. Örnekler, analiz aşamasına kadar ışıktan korunarak vakumlu ambalajlarda 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasal reaktifler, Folin-Ciocalteu reaktifi, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), 2,2′-azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu (ABTS), 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ), bakır(II) klorür ($CuCl_2$), neoküproin ve demir(III) klorür ($FeCl_3$) dahil olmak üzere, Sigma-Aldrich (Almanya) ve Merck'ten (Darmstadt, Almanya) satın alınmıştır.

### 2.2. Çayların Demlenmesi

Her çay türü, sıcak demleme yöntemiyle 70°C ve 95°C'de 10 dk süreyle demlenmiştir. Demleme oranı 5 g çay/500 mL sıcak su olacak şekilde ayarlanmıştır. Demleme sonunda çay infüzyonları süzülerek oda sıcaklığına soğutulmuş ve analizler yapılıncaya kadar +4°C'de saklanmıştır.

### 2.3. Toplam Fenolik Madde İçeriğinin (TFM) Belirlenmesi

Toplam fenolik madde içeriği, Folin–Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Singleton, 1999). Kısaca, 0,5 mL demlenen çay ekstraktları, 2,5 mL %10 Folin–Ciocalteu reaktifi ve 2 mL %7,5 sodyum karbonat çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışım karanlıkta 30 dakika inkübe edilmiş ve absorbans, spektrofotometre kullanılarak 760 nm dalga boyunda okunmuştur. Sonuçlar, gallik asit eşdeğeri olarak (mg GAE/g ) ifade edilmiştir.

### 2.4. DPPH Serbest Radikal Süpürme Aktivitesi

DPPH radikal süpürme aktivitesi, Tontul ve Topuz (2017) tarafından tanımlanan yönteme göre belirlenmiştir. Çay ekstraktları 0,1 mM DPPH çözeltisi ile karıştırılarak karanlıkta 30 dakika inkübe edilmiştir. Absorbans 517 nm dalga boyunda ölçülmüş ve sonuçlar % inhibisyon olarak ifade edilmiştir.

### 2.5. ABTS Radikal Süpürme Aktivitesi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ABTS radikal katyon süpürme aktivitesi, Re ve ark. (1999) tarafından tanımlanan yönteme göre belirlenmiştir. ABTS radikal katyonu ($ABTS^{\bullet+}$), 7 mM ABTS çözeltisi ile 2,45 mM potasyum persülfat çözeltisi ile karıştırılıp karanlıkta oda sıcaklığında 12–16 saat bekletilmesiyle oluşturulmuştur. Elde edilen $ABTS^{\bullet+}$ stok çözeltisi, absorbansı 734 nm'de 0,700 ± 0,020 olacak şekilde etanol ile seyreltilmiştir. Analiz için 0,1 mL çay ekstraktı 3,9 mL seyreltilmiş $ABTS^{\bullet+}$ çözeltisi ile karıştırılmış ve karanlıkta 6 dakika inkübe edilmiştir. Absorbans, spektrofotometre kullanılarak 734 nm dalga boyunda okunmuştur. Sonuçlar % inhibisyon olarak ifade edilmiştir.

### 2.6. İstatistiksel Analiz

Tüm analizler üç paralel olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Veriler, SPSS istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış; ortalama farklılıklarının çoklu karşılaştırmasında Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivite Üzerine Enzimatik İşlemin Etkisi

Her iki nane türünde de demleme sıcaklığının 70 °C'den 95 °C'ye çıkarılması, incelenen üç parametrede de anlamlı artışlara yol açmıştır. Peppermint örneklerinde TFMM değeri 980,84'ten 1125,05 mg GAE/g'a (~%14,7 artış); DPPH inhibisyonu %68,25'ten %75,22'ye (~%10,2 artış); ABTS inhibisyonu ise %72,56'dan %88,65'e (~%22,2 artış) yükselmiştir. Spearmint için de benzer eğilim gözlemlenmekte olup, en önemli artış yine ABTS parametresinde (67,25 → 82,25; ~%22,3) belirlenmiştir.

**Tablo 1. Çay ekstraktların fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi**

| Örnekler | | TFMM mg GAE/g | DPPH (%) | ABTS (%) |
|---|---|---|---|---|
| **70 °C** | Peppermint | 980,84±75,46$^{b}$ | 68,25±3,39$^{b}$ | 72,56±3,32$^{c}$ |
| | Spearmint | 841,52±15,76$^{c}$ | 56,36±2,32$^{c}$ | 67,25±1,35$^{d}$ |
| **95 °C** | Peppermint | 1125,05±34,02$^{a}$ | 75,22±3,89$^{a}$ | 88,65±2,15$^{a}$ |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Spearmint | 968,45±12,35[b] | 72,31±2,87[a] | 82,25±5,31[b] |

*Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen değerler $p < 0,05$ düzeyinde birbirinden farklıdır (Tukey HSD).

Bu bulgu, yüksek sıcaklıkta demlemenin bitki hücre duvarını daha etkin biçimde parçalayarak fenolik bileşiklerin sulu faza difüzyonunu artırdığı; ayrıca yüksek moleküler ağırlıklı fenoliklerin çözünürlüğünü iyileştirdiği yönündeki literatür bulguları ile uyumludur. Öte yandan, 95 °C'de dahi belirgin bir termal degradasyon sinyalinin görülmemesi, nane fenoliklerinin — özellikle rosmarinik asit gibi ısıya görece dayanıklı bileşenlerin — bu sıcaklıkta stabilite koruduğunu düşündürmektedir.

Her iki sıcaklıkta da peppermint (*Mentha piperita*), spearmint (*Mentha spicata*)'ye kıyasla hem daha yüksek fenolik içerik hem de daha yüksek antioksidan aktivite sergilemiştir. Bu durum, peppermint yapraklarının eriositrin ve rosmarinik asit içeriğinin genellikle spearmint yapraklarından daha yüksek olduğu şeklindeki literatür bilgisiyle uyumlu görünmektedir. Ancak 95 °C'de DPPH parametresi açısından iki tür arasındaki fark istatistiksel olarak ortadan kalkmıştır: bu, yüksek sıcaklıkta demlemenin spearmint için "eşitleyici" bir etki yaratarak antioksidan potansiyelini peppermint düzeyine yaklaştırdığı; bir başka deyişle sıcaklığın tür etkisini kısmen maskeleyebildiği anlamına gelmektedir. Bu durum, ticari olarak spearmint kullanan üreticiler açısından pratikte anlamlı bir teknolojik çıkarım sunmaktadır: yüksek sıcaklıkta demleme ile fonksiyonel açıdan peppermint'e yakın bir ürün elde etmek mümkündür.

**Tablo 2. Çay ekstraktlarının TFMM, DPPHve ABTS analizleri arasındaki Pearson korelasyon katsayısı**

| Parametre Çifti | Pearson r | $R^2$ | Yön ve şiddet |
|---|---|---|---|
| **TFMM-DPPH** | **0,905** | **0,819** | **Kuvvetli pozitif** |
| **TFMM-ABTS** | **0,892** | **0,796** | **Kuvvetli pozitif** |
| **DPPH-ABTS** | **0,918** | **0,843** | **Kuvvetli pozitif** |

TFMM ile hem DPPH (r = 0,905) hem de ABTS (r = 0,892) arasındaki kuvvetli pozitif korelasyonlar, incelenen nane çaylarının antioksidan aktivitesinin büyük ölçüde fenolik bileşen içeriği tarafından yönlendirildiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu bulgu, fenolik bileşiklerin başlıca antioksidan aktivatörler olarak öne çıktığı bitki çayı literatürüyle bütünüyle uyumludur. DPPH ile ABTS arasında hesaplanan yüksek korelasyon (r = 0,918) ise iki yöntemin birbirini

büyük ölçüde desteklediğini; ancak ABTS'nin özellikle 95 °C örneklerinde daha geniş bir dinamik ayrım sağlayabildiğini göstermektedir. Nitekim ABTS parametresi, dört örneği dört farklı istatistiksel grup (a, b, c, d) hâlinde ayırt edebilmiş; DPPH ise sadece üç grup (a, b, c) oluşturmuştur. Bu, ABTS yönteminin hem hidrofilik hem lipofilik antioksidanlarla etkileşebilmesinden kaynaklanan bilinen bir metodolojik avantajın deneysel yansımasıdır.

Elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, incelenen iki nane türünün antioksidan potansiyellerinin toplam fenolik madde içerikleri ile doğrudan ilişkili olduğu; demleme sıcaklığının hem fenolik ekstraksiyon verimi hem de antioksidan aktivite üzerinde belirleyici bir teknolojik parametre olarak konumlandığı ve yüksek sıcaklıkta demlemenin özellikle spearmint gibi görece düşük fenolik içerikli türlerde ürünün fonksiyonel değerini önemli ölçüde artırdığı ortaya konmuştur.

## KAYNAKLAR

Özgüven, M., & Kırıcı, S. (1999). Farklı ekolojilerde nane (Mentha) türlerinin verim ile uçucu yağ oran ve bileşenlerinin araştırılması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *23*(5), 465-472.

Öztürk Haj Taleb, D. (2020). *Değişen kahvaltı kültürü ve günümüzde kafein kullanımının araştırılması* (Master's thesis, Biruni Üniversitesi).

Kulcan, A. A. (2016). Stevia (Stevia rebaudiana) bitkisinin tatlı bileşiklerinin dekantör ekstraksiyonu yöntemiyle elde edilmesi.

Sağlam, A., Çağlar, N., Alçay, A. Ü., & Bostan, K. (2022). Baharat ve Yenebilir Bitkilerin Probiyotik Bakteriler Üzerine Antimikrobiyal Etkileri. *Türk Mikrobiyol Cemiy Dergisi*, *52*(1), 1-29.

Fard, M. (2024). ANTİOKSİDAN İÇEREN BESİNLER. *SAĞLIK & BİLİM 2024: Yaşlanma Biyolojisi ve Sağlık*, 125.

Singleton, V. L. (1999). Lamuela-Raventos: Analysis of total phenoles and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152.

Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). LWT, 80, 294–303.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, Free Radic. Biol. Med., 26, 1231–1237, 1999.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES TO HIGH TEMPERATURE AND DARKNESS STRESS IN MAIZE SEEDLINGS

**Lect. Dr. Cansu ALTUNTAŞ**

Artvin Çoruh University, Medicinal and Aromatic Plants Application and Research Center

cansualtuntas@artvin.edu.tr – ORCID: 0000-0002-1363-6142

**Lect. Kamil ÖZTÜRK**

Artvin Çoruh University, Medicinal and Aromatic Plants Application and Research Center

kamilozturk@artvin.edu.tr – ORCID ID: 0000-0003-2036-9780

## ABSTRACT

High temperature and prolonged light deprivation are among the principal abiotic stress factors that simultaneously affect plant water relations, redox homeostasis and energy metabolism. Whereas the interruption of photosynthetic carbon assimilation under darkness imposes carbon and energy limitation, high temperature exerts additional pressure on cellular metabolism and redox balance. In the present study, time-dependent physiological and biochemical changes in maize (*Zea mays* L. cv. ADA 523) seedlings exposed to 40 °C under continuous darkness for 48 and 96 h were evaluated in terms of relative water content (RWC), hydrogen peroxide ($H_2O_2$), malondialdehyde (MDA), proline and photosynthetic pigment contents. RWC was 94% in the control and declined to 75% and 78% at 48 and 96 h, respectively; both treatment groups were significantly lower than the control ($p < 0.05$), whereas they did not differ from each other. $H_2O_2$ content increased to 2.71-fold of the control at 48 h and declined to 1.41-fold at 96 h, whereas MDA followed an uninterrupted increase, reaching 1.08- and 1.26-fold. Proline content increased from 10.6 μmol $g^{-1}$ FW to 15.2 and 16.6 μmol $g^{-1}$ FW at 48 and 96 h, respectively, being significantly higher than the control in both treatments ($p < 0.05$). No decline was detected in photosynthetic pigment contents; chlorophyll b and carotenoid contents were significantly higher than the control ($p < 0.05$), carotenoids reaching 1.70- and 1.79-fold. The findings indicate a two-phase response profile in which an early oxidative rise and water loss are followed by the mobilisation of osmoprotective and antioxidant mechanisms, while the uninterrupted increase in MDA demonstrates that these responses were insufficient to restrict the loss of membrane integrity.

**Keywords:** Abiotic stress, *Zea mays*, oxidative damage, osmotic adjustment

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. INTRODUCTION

Plants rarely encounter a single stress factor in their natural environments; their growth and developmental processes are most often determined by the simultaneous action of more than one environmental stress. High temperature and light deprivation are among the factors that may occur together under greenhouse production, post-harvest transport and storage conditions, or during periods of prolonged cloudiness and dense shading. Maize (Zea mays L.) is not only a cereal species of high economic importance owing to its share in food, feed and industrial raw material production, but also a model plant widely used in the investigation of physiological and biochemical responses to abiotic stresses. In a comprehensive assessment based on four independent estimation methods, a 1 °C increase in global mean temperature was reported to cause an average decrease of 7.4% in maize yield, a value exceeding the rates calculated for wheat (6.0%), rice (3.2%) and soybean (3.1%) [1]. This finding demonstrates that maize constitutes a priority research subject with respect to its sensitivity to thermal stress.

High temperature disrupts cellular homeostasis through its direct effects on membrane fluidity, protein and RNA stability, cytoskeletal organisation and the efficiency of enzymatic reactions, and predisposes tissues to oxidative damage by increasing the production of reactive oxygen species (ROS); germination and the seedling stage are regarded as among the developmental phases most sensitive to this effect [2]. Studies conducted on maize support this general framework; a temperature treatment of 39 °C has been shown to suppress seed germination and seedling growth, whereas the accumulation of osmolytes such as proline, glycine betaine and trehalose together with the induction of the antioxidant system plays a decisive role in the acquisition of thermotolerance [3].

Prolonged darkness, on the other hand, must be evaluated through a different mechanism of action. The continuation of respiration despite the cessation of photosynthetic carbon assimilation leads to the depletion of starch and soluble sugar pools and thus to carbon and energy limitation. It has been reported in the literature that darkness, nutrient deprivation and many stress conditions lower the overall energy status of the plant and thereby trigger a largely overlapping transcriptional reprogramming, and that SnRK1 kinases act as the central sensor of this convergence by activating catabolic pathways [4]. Under carbon starvation conditions induced by darkness in maize, autophagy has been shown to assume a prominent role in amino acid, nucleotide and carbohydrate metabolism, with an accumulation of nitrogen-rich catabolites [5]. These findings indicate that the degradation of proteins and other macromolecules is mobilised as an alternative respiratory substrate under conditions of light deprivation.

In the dark-induced senescence literature, a critical distinction determining the experimental outcome has been defined: whether darkness is applied to the whole plant or only to particular plant parts. In Arabidopsis, darkening leaves individually initiates senescence rapidly and only in the leaf exposed to darkness, whereas darkening the whole plant does not initiate senescence but rather delays it [6]. This distinction has also been confirmed by subsequent studies; light deprivation leads to rapid senescence when it affects only a part of the plant, whereas it delays the senescence programme when applied to the whole plant despite pronounced carbon

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

starvation [7]. At the metabolic level, the leaves of plants exposed entirely to darkness shift to a survival state in which branched-chain amino acids and cell wall-derived monosaccharides are used as alternative respiratory substrates instead of the senescence programme [8]. This framework demonstrates that the preservation of the pigment pool in experimental setups in which the whole plant is placed in darkness is consistent with the literature.

The indicators measured under these conditions provide information at different levels. Hydrogen peroxide is a relatively stable ROS that is produced through electron transport in chloroplasts and mitochondria, plasma membrane NADPH oxidases and peroxisomal oxidases and that is able to cross membranes; it functions as a signalling molecule inducing defence responses at low concentrations and as a damaging agent oxidising biomolecules at high concentrations [9]. In order to limit this oxidative pressure, plants mobilise enzymatic and non-enzymatic antioxidant systems [10]. Malondialdehyde (MDA), widely used as an indicator of membrane damage, is a parameter that must be interpreted with care: an increase in MDA level may not always reflect cellular damage; the manner in which the measurement is performed and the basis on which the result is expressed (fresh or dry weight) also affect the value obtained [11]. Proline is a multifunctional metabolite that accumulates under stress conditions and, in addition to the maintenance of osmotic balance, assumes functions in protein and membrane stabilisation, ROS scavenging and redox buffering [12]. Nevertheless, it is reported that a high proline level cannot by itself be regarded as an indicator of stress tolerance; the same proline content may result either from rapid synthesis or from a slowing of degradation, and that the determining factor is therefore the balance between synthesis and degradation [13]. Carotenoids, besides their accessory pigment functions, provide photoprotection by quenching triplet chlorophyll and singlet oxygen owing to their low-energy triplet levels [14,15].

The application of the two stress factors together further gives rise to a situation requiring separate evaluation. It is emphasised that the response to a combination of two different abiotic stresses is specific and cannot be inferred directly from the responses to the stresses applied individually [16]; and that field conditions differ from the controlled laboratory environment and generally involve the simultaneous action of more than one stress, for which reason stress combinations should be addressed as an independent field of research [17]. The conditions created by high temperature together with continuous darkness should likewise be interpreted within this framework. In the literature, however, the effects of high temperature and darkness are largely addressed independently of one another; studies evaluating in an integrated manner the time-dependent responses of maize seedlings under conditions in which these two factors are applied together remain limited.

The aim of this study is to determine the time-dependent course of the oxidative ($H_2O_2$, MDA), osmotic (RWC, proline) and pigment (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid) responses of maize (Zea mays L. cv. ADA 523) seedlings to 48 and 96 h treatments under 40 °C and continuous darkness. It was anticipated that the oxidative response would predominate in the early period, that the ROS level would decline in the later period with the activation of protective mechanisms, and that cumulative membrane damage would nevertheless continue.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. EXPERIMENTAL STUDIES

### 2.1. Plant Material and Growth Conditions

Maize (Zea mays L. cv. ADA 523) seeds were used as plant material in the study. Seedlings were grown in a controlled climate chamber at a light intensity of 400 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$, 65% relative humidity, a day/night temperature of 25/21 °C and a 16/8 h light/dark photoperiod. Vermiculite was used as the growth medium and the plants were irrigated with Hoagland nutrient solution.

### 2.2. Stress Treatment and Experimental Design

Healthy plants that had completed their growth period were divided into control and treatment groups according to a randomised plot experimental design. The treatment groups were kept at a constant temperature of 40 °C under continuous darkness for 48 and 96 h. The darkness treatment was carried out by placing the whole plant in darkness rather than by covering individual leaves; this distinction is decisive for the interpretation of the pigment data. The control group consisted of plants kept under standard growth conditions at the beginning of the treatment (0 h). At the end of the treatment periods the leaves were harvested and, for biochemical analyses, frozen in liquid nitrogen and stored at −80 °C until the analysis stage. Each treatment group was represented by 3 biological replicates.

### 2.3. Determination of Leaf Relative Water Content

In order to determine the fresh weight (FW), maize leaves detached from the seedlings were immediately weighed on a precision balance (approximately 0.1 g); the leaves were then placed in water and rehydrated for 12 h in order to determine the turgid weight (TW). The dry weight (DW) of the leaves was determined by drying them in an oven at 75 °C for 48 h. Leaf relative water content was calculated using the equation RWC (%) = [(FW − DW) / (TW − DW)] × 100 [18].

### 2.4. Determination of Hydrogen Peroxide Content

Hydrogen peroxide content was measured according to a modified version of the method reported by Velikova et al. [19]. Fresh leaves (0.25 g) were ground together with 0.1 g charcoal so as to be homogenised in 5 mL of 0.1% trichloroacetic acid (TCA). The mixture was then centrifuged at 15,000 rpm for 15 min. Subsequently, 1000 µL of the supernatant was combined and mixed with phosphate buffer (10 mM, pH 7.0) and 1 M KI (1500 µL) in a glass cuvette. The absorbance of the solution was measured at 390 nm.

### 2.5. Determination of Lipid Peroxidation Level

The level of lipid peroxidation in leaf tissues was determined in terms of malondialdehyde (MDA), measured by the thiobarbituric acid (TBA) reaction, according to the method reported by Heath and Packer [20].

### 2.6. Determination of Proline Content

For the measurement of proline content, 0.1 g of fresh sample was homogenised with 1.8 mL of 40% ethanol. The homogenate was incubated overnight at +4 °C. On the following day it was centrifuged at 15,000 g for 15 min. One millilitre of the supernatant was mixed with 2 mL

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

of ninhydrin solution. The mixture was then incubated at 95 °C for 20 min. The absorbance of the samples cooled to room temperature was measured at 520 nm. Proline content was calculated using a previously prepared proline standard curve and expressed as μmol $g^{-1}$ FW [21].

### 2.7. Determination of Photosynthetic Pigment Contents

Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll contents were calculated using the equations of Arnon [22], and total carotenoid content on the basis of the absorbance value at 450 nm; the extraction and reading conditions were modified on the basis of Lichtenthaler [23]. Fresh leaf samples (0.1 g) were homogenised in cold 80% (v/v) acetone (Merck, Germany) at 4 °C. The homogenate was centrifuged in a high-speed centrifuge (Hermle Z 36 HK; Hermle Labortechnik GmbH, Wehingen, Germany) at 10,000 rpm for 10 min at room temperature. The absorbance of the supernatant was measured at 450, 645 and 663 nm using a Cary 3500 Multicell UV-Visible spectrophotometer (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA). Pigment concentrations were calculated using the following equations:

i. Chl a = 12.7 × A663 − 2.69 × A645
ii. Chl b = 22.9 × A645 − 4.68 × A663
iii. Total Chl = 20.2 × A645 + 8.02 × A663
iv. Total Caro = 4.07 × A450 − (0.0435 × Chl a + 0.3367 × Chl b)

### 2.8. Statistical Analysis

Data are presented as mean ± standard error. Differences between groups were evaluated by one-way analysis of variance (ANOVA), and Duncan's multiple range test was used for the comparison of means. The level of statistical significance was accepted as $p < 0.05$; analyses were performed using IBM SPSS v27 software.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Relative Water Content

Relative water content was determined as 94% in the control group; at the end of the treatment it declined to 75% at 48 h and to 78% at 96 h (Figure 1). These values correspond to 0.80- and 0.83-fold of the control, respectively. Both treatment groups were found to be statistically significantly lower than the control ($p < 0.05$); by contrast, no significant difference was detected between the 48 and 96 h groups.

This decrease in RWC demonstrates that leaf water balance was adversely affected under the conditions created by 40 °C together with continuous darkness. The increase in vapour pressure deficit at high temperature accelerates transpirational water loss; under darkness, stomatal behaviour and root water uptake capacity change. On the other hand, the fact that RWC did not show a further decline at 96 h compared with 48 h indicates that the water status was able to remain stable at a certain level. This suggests that osmoprotectant compounds such as proline, which increased throughout the treatment, may have made a contribution.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

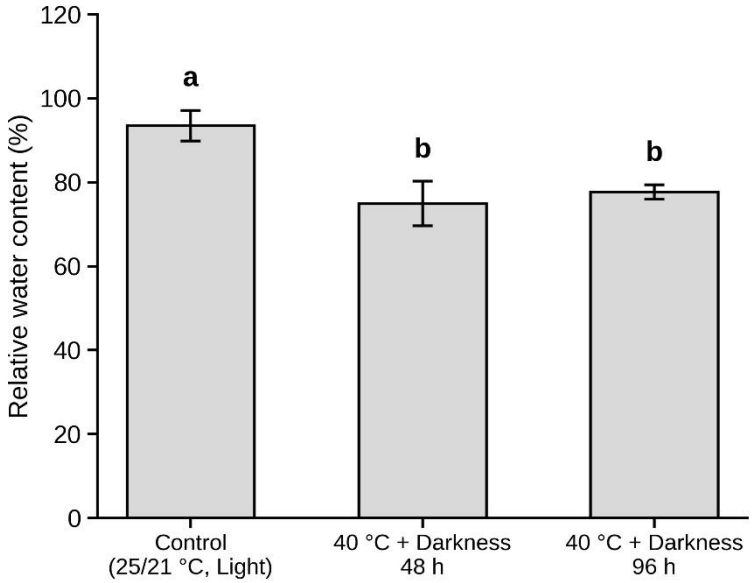



**Figure 1.** Effect of prolonged darkness and high temperature (40 °C) treatment on RWC in maize seedlings. Values are given as mean ± standard error (n = 3). Different letters indicate that the difference between treatments is significant at $p < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

### 3.2. Hydrogen Peroxide and Lipid Peroxidation

$H_2O_2$ content showed a marked increase at the end of the 48 h treatment, reaching 2.71-fold of the control; at 96 h it declined and was determined at 1.41-fold of the control (Figure 2). By contrast, MDA content rose to 1.08-fold at 48 h and to 1.26-fold at 96 h compared with the control (Figure 2).

The early and marked rise in $H_2O_2$ level reflects the early oxidative response developing under the conditions created by 40 °C together with continuous darkness. While high temperature increases ROS production through its effects on membrane structure and electron transport systems [2,10], the cessation of photosynthetic carbon assimilation under darkness places the cell under carbon limitation. It has been directly shown that mitochondrial respiratory capacity declines while photosynthetic capacity is maintained in entirely darkened plants [24], and it has been reported that, under conditions in which the carbohydrate source is depleted, amino acids derived from protein degradation are mobilised as alternative respiratory substrates [25]. The decline in $H_2O_2$ level at 96 h indicates that ROS scavenging capacity may have been mobilised over time and that $H_2O_2$ functions not only as a stress factor but also as a signalling compound inducing defence responses [9].

The temporally divergent outcomes of the two indicators are particularly notable among the findings obtained. The continued increase in MDA content while the $H_2O_2$ level declines may be explained by the fact that lipid peroxidation is a cumulative process; the peroxidation products formed remain in the tissue even if ROS production slows down, and the deterioration of membrane integrity progresses. For this reason the effectiveness of the antioxidant response should not be evaluated solely on the basis of changes in ROS level, and membrane integrity should be treated as an independent endpoint [11].

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

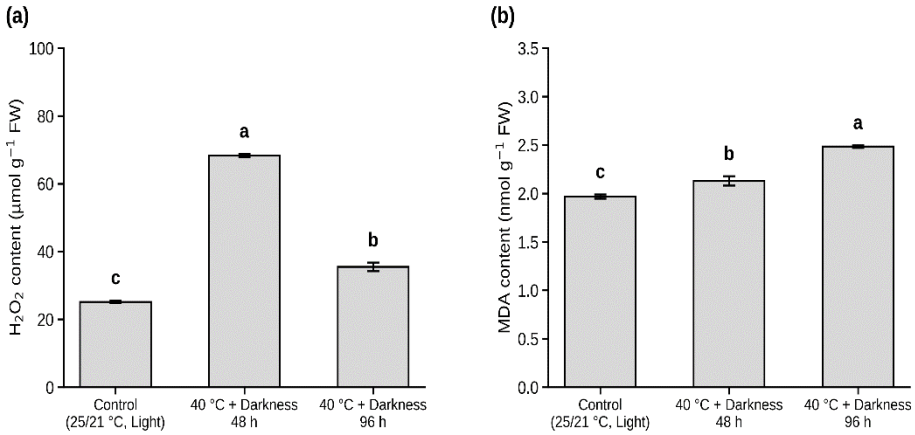



**Figure 2.** Effect of prolonged darkness and high temperature (40 °C) treatment on $H_2O_2$ and MDA contents in maize seedlings. Values are given as mean ± standard error (n =3). Different letters indicate that the difference between treatments is significant at $p < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

### 3.3. Proline Content

Proline content was determined as 10.6 µmol $g^{-1}$ FW in the control group; it rose to 15.2 at the end of the 48 h treatment and to 16.6 µmol $g^{-1}$ FW at 96 h (Figure 3). These values correspond to increases of 1.43- and 1.56-fold compared with the control, respectively. Proline content was found to be statistically significantly higher than the control in both treatment groups ($p < 0.05$); no significant difference was detected between the groups.

This increase in proline accumulation indicates that osmoprotective and antioxidative defence was activated in the early period against the combined stress conditions. When evaluated together with the functions of proline in osmotic adjustment, protein and membrane stabilisation, ROS scavenging and redox protection [12], and particularly when considered together with the decrease in RWC, this increase may be interpreted as an adaptive response directed towards the maintenance of cellular water balance. The fact that the proline level rose at 48 h and remained at a similar level at 96 h shows that this response was mobilised in the early period and sustained throughout the treatment. Nevertheless, it should be taken into account that proline accumulation cannot by itself be evaluated as a tolerance response [13] and that the general rise in the amino acid pool associated with increased protein degradation under darkness [4,5] may have contributed to the proline level.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

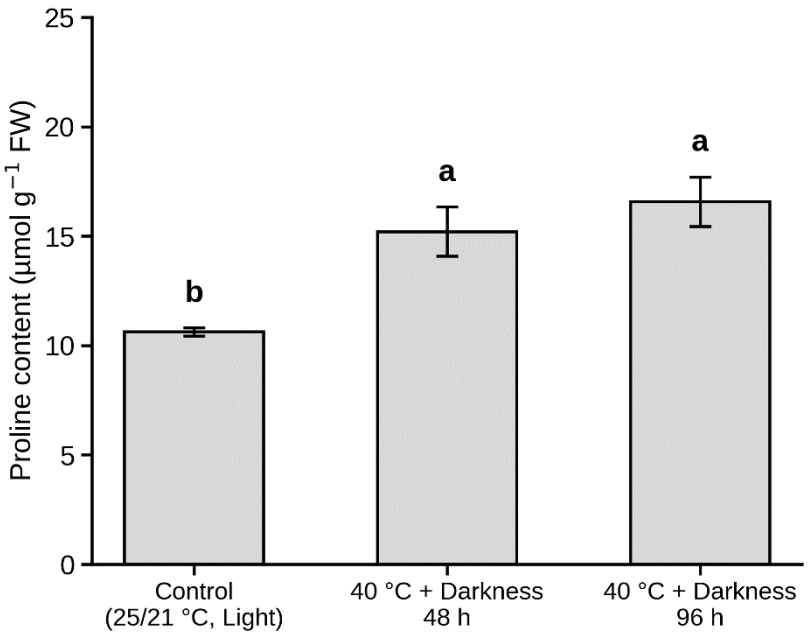



**Figure 3.** Effect of prolonged darkness and high temperature (40 °C) treatment on proline in maize seedlings. Values are given as mean ± standard error (n = 3). Different letters indicate that the difference between treatments is significant at $p < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

### 3.4. Pigment Contents

Pigment contents were generally found to be higher at the end of the 48 and 96 h treatments compared with the initial control (Figure 4). Total chlorophyll and chlorophyll a levels increased with treatment duration; chlorophyll b and carotenoid contents were likewise determined to be statistically significantly higher than the control in both treatment groups ($p < 0.05$). The increase in carotenoid content became evident at 48 h and was maintained at a similar level at 96 h. The temporal coincidence of the increase in carotenoids with the decline in $H_2O_2$ level is consistent with the triplet chlorophyll and singlet oxygen quenching, and hence photoprotective, functions of these pigments [14,15].

The absence of any decrease in chlorophyll contents despite continuous darkness may be regarded as an outcome differing from expectation, since darkness is known as a classical senescence stimulus. However, a strong basis explaining this picture is available in the literature: when the darkness treatment is carried out at the leaf level, rapid senescence and chlorophyll degradation are triggered, whereas when the whole plant is placed in darkness the senescence programme is suppressed and chlorophyll degradation is markedly delayed [6,7]. It has been shown that in entirely darkened plants the leaves are directed towards a metabolically reorganised survival mode instead of the senescence programme [8]. Since all plants were likewise placed in darkness in the present study, the finding concerning the preserved pigment pool is consistent with this literature. Nevertheless, since a time-matched control group was not included, it is not appropriate to attribute the pigment increase directly to the stress treatment; it would be more accurate to evaluate the finding as indicating that the pigment pool was preserved throughout the treatment.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

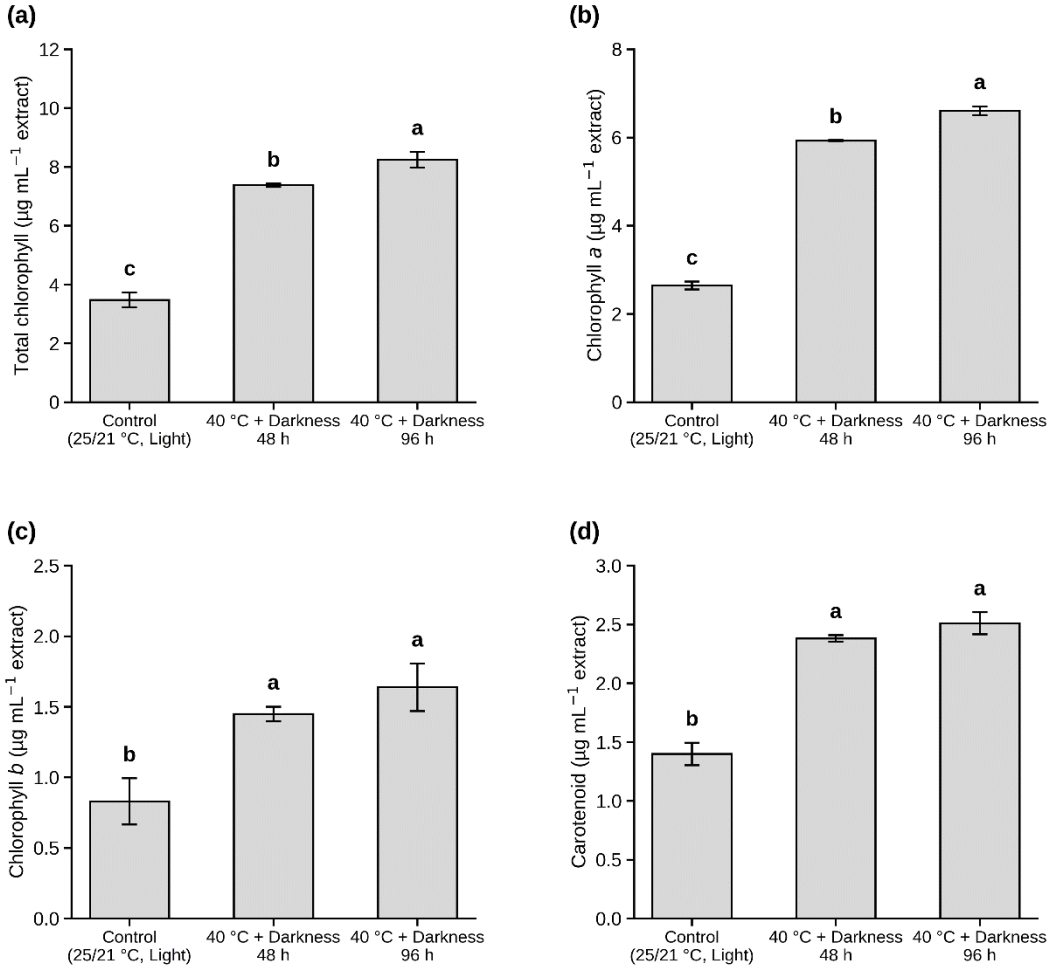



**Figure 4.** Effect of prolonged darkness and high temperature (40 °C) treatment on photosynthetic pigments in maize seedlings. Values are given as mean ± standard error (n = 3). Different letters indicate that the difference between treatments is significant at $p < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

## 4. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

In this study, the 48 and 96 h responses of maize seedlings under 40 °C and continuous darkness were investigated. The findings indicate a time-dependent two-phase pattern: a marked decrease in relative water content and a strong increase in $H_2O_2$ level were observed at 48 h, whereas at 96 h the $H_2O_2$ level declined partially while proline and carotenoid contents continued to increase. This pattern suggests that an osmoprotective and antioxidant response was mobilised following the early oxidative load. However, when the water loss in the tissue is taken into account, the extent to which the accumulation of proline and carotenoids derives from active synthesis and the extent to which it derives from an increase in concentration per unit fresh weight cannot be distinguished in the absence of dry weight data. The same uncertainty is even more pronounced for MDA content, whose rate of increase remains of a magnitude similar to the concentration effect produced by water loss; for this reason the present data, rather than demonstrating that membrane damage definitively increased, show that they provide no evidence that the protective responses reached a level sufficient to prevent damage. Taken as a

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

whole, the findings suggest that maize seedlings possess a limited short-term acclimation capacity and that 96 h of exposure approaches the limit of this capacity. The preservation of the pigment pool, on the other hand, should be evaluated not as a direct consequence of the treatment but as a finding associated with the suppression of the senescence programme in setups in which the whole plant is darkened [6,7,8].

The principal limitations of the study are as follows: (i) the absence of a time-matched control group prevents distinguishing whether the observed changes derive from the treatment or from the normal development of the plants; (ii) the expression of all parameters on a fresh weight basis may lead to concentration-related artefactual increases in tissue in which relative water content declined from 94% to 75% [11]; (iii) the relative contribution of the two factors cannot be determined owing to the absence of high temperature-only and darkness-only groups [16,17]; (iv) since antioxidant enzyme activities were not measured, the mechanism of the late-period decline in $H_2O_2$ cannot be demonstrated directly.

In future studies, the use of time-matched controls, the investigation of temperature and darkness separately and in combination in a factorial design, the reporting of data also on a dry weight basis, the determination of antioxidant enzyme activities together with soluble sugar and starch contents, and the monitoring of recovery dynamics following the return to light are recommended.

## REFERENCES

**1.** Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, J.L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I.A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, A.C., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z., Asseng, S., *Temperature Increase Reduces Global Yields of Major Crops in Four Independent Estimates*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 114, 35, 9326-9331, 2017.

**2.** Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M.M., Roychowdhury, R., Fujita, M., *Physiological, Biochemical, and Molecular Mechanisms of Heat Stress Tolerance in Plants*, International Journal of Molecular Sciences, 14, 5, 9643-9684, 2013.

**3.** Zhou, Z.H., Wang, Y., Ye, X.Y., Li, Z.G., *Signaling Molecule Hydrogen Sulfide Improves Seed Germination and Seedling Growth of Maize (Zea mays L.) Under High Temperature by Inducing Antioxidant System and Osmolyte Biosynthesis*, Frontiers in Plant Science, 9, 1288, 2018.

**4.** Baena-González, E., Sheen, J., *Convergent Energy and Stress Signaling*, Trends in Plant Science, 13, 9, 474-482, 2008.

**5.** McLoughlin, F., Marshall, R.S., Ding, X., Chatt, E.C., Kirkpatrick, L.D., Augustine, R.C., Li, F., Otegui, M.S., Vierstra, R.D., *Autophagy Plays Prominent Roles in Amino Acid, Nucleotide, and Carbohydrate Metabolism during Fixed-Carbon Starvation in Maize*, The Plant Cell, 32, 9, 2699-2724, 2020.

**6.** Weaver, L.M., Amasino, R.M., *Senescence Is Induced in Individually Darkened Arabidopsis Leaves, but Inhibited in Whole Darkened Plants*, Plant Physiology, 127, 3, 876-886, 2001.

**7.** Liebsch, D., Keech, O., *Dark-Induced Leaf Senescence: New Insights into a Complex Light-Dependent Regulatory Pathway*, New Phytologist, 212, 3, 563-570, 2016.

**8.** Law, S.R., Chrobok, D., Juvany, M., Delhomme, N., Lindén, P., Brouwer, B., Ahad, A., Moritz, T., Jansson, S., Gardeström, P., Keech, O., *Darkened Leaves Use Different Metabolic Strategies for Senescence and Survival*, Plant Physiology, 177, 1, 132-150, 2018.

**9.** Smirnoff, N., Arnaud, D., *Hydrogen Peroxide Metabolism and Functions in Plants*, New Phytologist, 221, 3, 1197-1214, 2019.

**10.** Gill, S.S., Tuteja, N., *Reactive Oxygen Species and Antioxidant Machinery in Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants*, Plant Physiology and Biochemistry, 48, 12, 909-930, 2010.

**11.** Morales, M., Munné-Bosch, S., *Malondialdehyde: Facts and Artifacts*, Plant Physiology, 180, 3, 1246-1250, 2019.

**12.** Szabados, L., Savouré, A., *Proline: A Multifunctional Amino Acid*, Trends in Plant Science, 15, 2, 89-97, 2010.

**13.** Kavi Kishor, P.B., Sreenivasulu, N., *Is Proline Accumulation per se Correlated with Stress Tolerance or Is Proline Homeostasis a More Critical Issue?*, Plant, Cell & Environment, 37, 2, 300-311, 2014.

**14.** Triantaphylidès, C., Havaux, M., *Singlet Oxygen in Plants: Production, Detoxification and Signaling*, Trends in Plant Science, 14, 4, 219-228, 2009.

**15.** Havaux, M., *Carotenoid Oxidation Products as Stress Signals in Plants*, The Plant Journal, 79, 4, 597-606, 2014.

**16.** Suzuki, N., Rivero, R.M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R., *Abiotic and Biotic Stress Combinations*, New Phytologist, 203, 1, 32-43, 2014.

**17.** Mittler, R., *Abiotic Stress, the Field Environment and Stress Combination*, Trends in Plant Science, 11, 1, 15-19, 2006.

**18.** Barrs, H.D., Weatherley, P.E., *A Re-Examination of the Relative Turgidity Technique for Estimating Water Deficits in Leaves*, Australian Journal of Biological Sciences, 15, 3, 413-428, 1962.

**19.** Velikova, V., Yordanov, I., Edreva, A., *Oxidative Stress and Some Antioxidant Systems in Acid Rain-Treated Bean Plants: Protective Role of Exogenous Polyamines*, Plant Science, 151, 1, 59-66, 2000.

**20.** Heath, R.L., Packer, L., *Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts. I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation*, Archives of Biochemistry and Biophysics, 125, 1, 189-198, 1968.

**21.** Carillo, P., Mastrolonardo, G., Nacca, F., Parisi, D., Verlotta, A., Fuggi, A., *Nitrogen Metabolism in Durum Wheat under Salinity: Accumulation of Proline and Glycine Betaine*, Functional Plant Biology, 35, 5, 412-426, 2008.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**22.** Arnon, D.I., *Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris*, Plant Physiology, 24, 1, 1-15, 1949.

**23.** Lichtenthaler, H.K., *Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes*, Methods in Enzymology, 148, 350-382, 1987.

**24.** Keech, O., Pesquet, E., Ahad, A., Askne, A., Nordvall, D., Vodnala, S.M., Tuominen, H., Hurry, V., Dizengremel, P., Gardeström, P., *The Different Fates of Mitochondria and Chloroplasts during Dark-Induced Senescence in Arabidopsis Leaves*, Plant, Cell & Environment, 30, 12, 1523-1534, 2007.

**25.** Araújo, W.L., Tohge, T., Ishizaki, K., Leaver, C.J., Fernie, A.R., *Protein Degradation – An Alternative Respiratory Substrate for Stressed Plants*, Trends in Plant Science, 16, 9, 489-498, 2011.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PARATRANSİT SİSTEMLERDE ÖDEME TEKNOLOJİLERİ VE ENTEGRASYON YAKLAŞIMLARI: ULUSAL VE ULUSLARARASI LİTERATÜRÜN KAPSAMLI BİR DEĞERLENDİRMESİ

**Dr. Öğretim Üyesi Onur Şahin**
Yıldız Teknik Üniversitesi
sahino@yildiz.edu.tr - 0000-0002-4574-9272

## ÖZET

Paratransit sistemler, sabit güzergâh ve zaman çizelgesine dayalı toplu taşıma hizmetlerinin tamamlayıcısı olarak, talebe duyarlı ve esnek işletme yapıları sayesinde özellikle erişilebilirlik, kapsayıcılık ve hizmet sürekliliğinin sağlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Dijital ulaşım teknolojilerindeki gelişmeler, bu sistemlerde kullanılan elektronik ücret toplama ve ödeme altyapılarının bütünleşik ulaşım ekosistemine entegrasyonunu stratejik bir araştırma alanı hâline getirmiştir. Bu çalışma, paratransit sistemler ile bu sistemlerde kullanılan ödeme teknolojilerine ilişkin ulusal ve uluslararası literatürün kapsamlı bir değerlendirmesini sunmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Web of Science, Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect ve TR Dizin başta olmak üzere çeşitli akademik veri tabanlarında yayımlanan çalışmalar; paratransit işletmeciliği, elektronik ücret toplama sistemleri, akıllı kart uygulamaları, temassız ödeme teknolojileri, hesap tabanlı biletleme (Account-Based Ticketing), ödeme entegrasyonu, birlikte çalışabilirlik ve dijital ulaşım platformları ekseninde incelenmiştir. Literatür değerlendirmesi, mevcut çalışmaların büyük ölçüde teknolojik altyapı, donanım performansı ve ücret toplama mekanizmalarına odaklandığını; buna karşın paratransit sistemlere özgü ödeme entegrasyonu süreçlerinin sistematik ve bütüncül bir bakış açısıyla ele alındığı araştırmaların sınırlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca farklı ulaşım modları arasında kesintisiz ödeme altyapısının sağlanması, veri paylaşımı, kurumsal koordinasyon ve karar verme süreçlerini bütünleştiren yöntemsel yaklaşımlara yönelik önemli araştırma boşlukları bulunduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulguların, gelecekte geliştirilecek ödeme entegrasyon modelleri ve karar destek yaklaşımlarına kuramsal bir temel oluşturması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Paratransit sistemler, elektronik ücret toplama sistemleri, akıllı kart, ödeme entegrasyonu, hesap tabanlı biletleme, karar destek sistemi.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PAYMENT TECHNOLOGIES AND INTEGRATION APPROACHES IN PARATRANSIT SYSTEMS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF THE NATIONAL AND INTERNATIONAL LITERATURE

Paratransit systems play a critical role in enhancing accessibility and service continuity by complementing conventional fixed-route public transportation through flexible and demand-responsive operations. Recent advances in digital mobility technologies have transformed fare collection and payment infrastructures into a strategic component of integrated public transport systems. This study presents a comprehensive review of the national and international literature on paratransit systems and their associated payment technologies. Relevant publications indexed in Web of Science, Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, and TR Dizin were systematically examined with a particular focus on paratransit operations, automated fare collection systems, smart card applications, contactless payment technologies, Account-Based Ticketing (ABT), payment integration, interoperability, and digital mobility platforms. The review indicates that the existing body of literature predominantly concentrates on technological infrastructure, hardware performance, and fare collection mechanisms, whereas studies addressing payment integration specifically for paratransit services remain relatively limited. Furthermore, research integrating technological, operational, organizational, and decision-making dimensions within a unified framework is scarce. The findings also reveal significant research gaps concerning interoperable payment architectures, multimodal fare integration, institutional coordination, data governance, and decision support methodologies for payment integration processes. By synthesizing current research trends and identifying existing knowledge gaps, this review provides a conceptual foundation for future studies on integrated payment systems and decision support frameworks aimed at improving the efficiency, interoperability, and sustainability of paratransit services..

**Keywords:** Paratransit systems, automated fare collection, smart card, payment integration, Account-Based Ticketing, decision support systems.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. GİRİŞ

Kentsel ulaşım sistemleri, nüfus artışı, kentleşme, mekânsal yayılma ve hareketlilik talebindeki değişimlere bağlı olarak sürekli biçimde dönüşmektedir. Geleneksel toplu taşıma sistemleri çoğunlukla sabit güzergâh, durak ve zaman çizelgesi esasına dayanırken, özellikle düşük yoğunluklu bölgelerde veya geleneksel toplu taşıma ağlarının yeterince gelişmediği alanlarda bu sistemlerin ekonomik ve operasyonel açıdan etkinliği azalabilmektedir. Bu noktada paratransit ve talebe duyarlı ulaşım sistemleri, esnek güzergâh ve işletme özellikleri sayesinde geleneksel toplu taşıma ağlarını tamamlayan önemli bir ulaşım seçeneği oluşturmaktadır [1].Talebe duyarlı ulaşım (Demand Responsive Transport-DRT), yolcu taleplerinin zamansal ve mekânsal özelliklerine göre hizmetin dinamik biçimde düzenlenmesine olanak sağlamaktadır. DRT sistemlerinin gelişiminde telematik, haberleşme ve bilgi teknolojilerindeki ilerlemelerin önemli rol oynadığı; rezervasyon, araç tahsisi, rota optimizasyonu ve gerçek zamanlı filo yönetimi gibi süreçlerin dijital altyapılar üzerinden yürütülebildiği belirtilmektedir [2], [3]. İstanbul özelinde yapılan bir çalışmada da DRT'nin paratransit sisteminin bir biçimi olarak ele alınabileceği ve ulaşım telematiği, dinamik talep yönetimi ve ödeme sistemlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır [4].

Paratransit sistemler, yalnızca talebe duyarlı ulaşım araçlarını değil, farklı ülkelerdeki kentsel ve bölgesel koşullara bağlı olarak minibüs, dolmuş, paylaşımlı taksi ve benzeri esnek ulaşım biçimlerini de kapsayabilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde minibüs temelli paratransit sistemleri, ana toplu taşıma ağlarının erişemediği bölgelerde önemli bir ulaşım işlevi üstlenmektedir [5]. 2025 yılında yayımlanan kapsamlı bir sistematik literatür çalışması da gelişmekte olan ülkelerde paratransit hizmetlerinin daha informal ve kullanıcı odaklı bir yapıda olduğunu; gelişmiş ülkelerde ise daha düzenlenmiş ve ileri bilgi-iletişim teknolojileriyle desteklenen sistemlerin yaygınlaştığını ortaya koymaktadır. Paratransit sistemlerin geleneksel toplu taşıma ağlarıyla bütünleştirilmesi yalnızca fiziksel veya operasyonel entegrasyonu ifade etmemektedir. Yolcunun farklı ulaşım modları arasında geçiş yaparken aynı veya uyumlu ödeme aracını kullanabilmesi, farklı operatörler arasında ücretlerin paylaşılabilmesi ve yolculuk verilerinin güvenli biçimde yönetilebilmesi de entegrasyonun önemli bileşenleridir. Bu nedenle elektronik ücret toplama sistemleri, ulaşım modlarının bütünleştirilmesinde stratejik bir altyapı unsuru hâline gelmiştir. Geleneksel elektronik ücret toplama sistemlerinde akıllı kartlar uzun yıllar temel ödeme aracı olarak kullanılmıştır. Bu sistemler yalnızca ücret tahsilatı sağlamamakta, aynı zamanda yolculuk zamanı, güzergâh, araç ve işlem tutarı gibi çok sayıda verinin toplanmasına imkân vermektedir. Akıllı kart verilerinin ulaşım planlaması, talep analizi ve işletme performansının değerlendirilmesinde kullanılabileceği literatürde ayrıntılı biçimde ortaya konmuştur [6]. Son yıllarda ise ödeme teknolojilerinde önemli bir dönüşüm yaşanmaktadır. Temassız banka ve kredi kartları, NFC destekli mobil cihazlar, QR kodlar, mobil cüzdanlar ve hesap tabanlı biletleme sistemleri, geleneksel kart-merkezli sistemlere alternatif oluşturmaktadır. UITP'nin güncel değerlendirmesine göre toplu taşıma ödeme sistemleri artık kapalı/açık döngü, kart-merkezli/hesap-merkezli, ön ödemeli/sonradan ödemeli sistemler, ABT, NFC, QR ve farklı birlikte çalışabilirlik modellerini kapsayan karmaşık bir teknoloji alanına dönüşmüştür. Bu gelişmelere rağmen paratransit sistemlerin ödeme altyapılarının bütünleşik ulaşım sistemlerine nasıl entegre edileceğine ilişkin çalışmaların sınırlı

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

olduğu görülmektedir. Özellikle özel işletmeciler tarafından yürütülen minibüs sistemlerinde ödeme entegrasyonu, kamu işletmelerinden farklı olarak işletmeci gelirleri, maliyetler, bakım sorumluluğu, vergilendirme, veri paylaşımı ve kurumsal yetki gibi konuları da kapsamaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, paratransit sistemlerde kullanılan ve kullanılabilecek ödeme teknolojilerini ulusal ve uluslararası literatür kapsamında değerlendirmek ve bu sistemlerin bütünleşik ulaşım ekosistemine entegrasyonunda ortaya çıkan teknik, operasyonel, ekonomik ve kurumsal boyutları ortaya koymaktır.

## 2. PARATRANSİT SİSTEMLERİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

Paratransit kavramı, ülkelerin ulaşım politikaları ve kentsel yapılarına bağlı olarak farklı biçimlerde tanımlanabilmektedir. Genel olarak paratransit sistemler, geleneksel sabit güzergâhlı toplu taşımadan daha esnek, ancak bireysel otomobilden daha kolektif bir ulaşım hizmeti sunan sistemler olarak değerlendirilebilir. Talebe duyarlı ulaşım sistemleri bu kapsamda önemli bir paratransit türüdür. DRT sistemlerinde yolcu talepleri önceden belirlenmiş güzergâhlardan bağımsız olarak alınabilmekte ve araç rotaları taleplere göre dinamik olarak düzenlenebilmektedir. Bu yapı, özellikle düşük talep yoğunluklu bölgelerde sabit hatlı toplu taşımanın maliyet etkinliğini artırabilecek bir çözüm sunmaktadır [7]. İstanbul üzerine yapılan çalışmalarda minibüslerin ve dolmuşların kent ulaşımındaki tamamlayıcı rolü özellikle vurgulanmaktadır. İzmir örneğinde paratransit sistemlerin kent içi otobüs ağıyla bütünleştirilmesini incelemiş ve belirli bölgelerde paratransit hizmetlerinin toplu taşıma ağının tamamlayıcısı olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışmada entegrasyonun yalnızca güzergâhların birleştirilmesi şeklinde değil, maliyet, fayda ve işletme yapısının birlikte değerlendirilmesiyle ele alınması gerektiği ortaya konmuştur. Bu yaklaşım ödeme sistemleri açısından da önem taşımaktadır. Çünkü bir paratransit aracının toplu taşıma ağına fiziksel olarak bağlanması ancak yolcunun farklı modlar arasında geçiş yaparken yeniden ödeme yapmak zorunda kalması, entegrasyonun kullanıcı açısından beklenen faydasını azaltabilmektedir. Dolayısıyla paratransit entegrasyonu üç temel düzeyde ele alınabilir:

Fiziksel entegrasyon: Durak, aktarma merkezi ve ulaşım altyapılarının bütünleştirilmesi,

Operasyonel entegrasyon: Güzergâh, zamanlama, rezervasyon ve araç tahsis süreçlerinin koordinasyonu,

Finansal/dijital entegrasyon: Ücret, biletleme, ödeme, gelir paylaşımı ve veri altyapılarının bütünleştirilmesi. Bu üç boyutun birbirinden bağımsız ele alınması, sistemin gerçek anlamda bütünleşmesini engelleyebilmektedir.

## 3. PARATRANSİT SİSTEMLERDE ÖDEME TEKNOLOJİLERİ

### *3.1. Elektronik Ücret Toplama Sistemleri*

Elektronik ücret toplama (Automated Fare Collection-AFC) sistemleri, toplu taşıma hizmetlerinde ücretlerin elektronik ortamda tahsil edilmesini ve işlem kayıtlarının merkezi sistemlerde tutulmasını sağlayan teknolojik yapılardır. AFC sistemlerinin temel bileşenleri; yolcu kartı veya ödeme aracı, araç üzerinde bulunan doğrulama/okuma cihazı, haberleşme altyapısı, merkezi işlem sistemi ve ödeme/hesaplaşma altyapısından oluşmaktadır. Geleneksel sistemlerde yolcunun fiziksel bir karta sahip olması ve bu kartın belirli miktarda krediyle

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

yüklenmesi yaygın bir uygulamadır. Akıllı kart sistemlerinin önemli avantajlarından biri, ücret tahsilatının yanı sıra yolculuk verilerinin de kaydedilmesidir. Bu veriler kullanılarak yolcu talebinin zamansal ve mekânsal dağılımı, araç kullanım oranları ve toplu taşıma performansı analiz edilebilmektedir [8]. Ancak paratransit sistemler açısından AFC entegrasyonu daha karmaşık bir yapı ortaya çıkarmaktadır. Çünkü minibüs gibi araçların önemli bölümü özel işletmeciler tarafından işletilmekte ve araç bazında farklı ekonomik kararlar alınabilmektedir. Bu nedenle ödeme cihazının kurulması yalnızca teknik bir yatırım değil, işletmeci ile kamu otoritesi arasındaki gelir ve veri ilişkisini değiştiren bir dönüşüm niteliğindedir.

### *3.2. Akıllı Kart Sistemleri*

Akıllı kartlar, uzun süre toplu taşıma sistemlerinin temel elektronik ödeme aracı olarak kullanılmıştır. Temassız akıllı kartlar, hızlı işlem gerçekleştirme ve fiziksel para kullanımını azaltma avantajları nedeniyle özellikle yüksek yolcu hacmine sahip sistemlerde yaygınlaşmıştır. İstanbul örneğinde elektronik ödeme sistemlerinin ulaşım planlaması açısından önemli veri kaynakları oluşturduğu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir [9]. Türkiye'de elektronik ücret toplama sistemleri üzerine yapılan çalışmalar da bu sistemlerin bankacılık ve EMV altyapılarıyla entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır [10]. Akıllı kartların paratransit sistemlere aktarılmasında ise temel sorun, mevcut ödeme sisteminin toplu taşıma otoritesi tarafından işletilip işletilmediğidir. Eğer paratransit işletmecileri bağımsız ekonomik aktörler olarak faaliyet gösteriyorsa, sistemin kabul edilmesi için işletmecilere ekonomik teşvikler sağlanması ve gelir paylaşım mekanizmasının açık biçimde tanımlanması gerekmektedir.

### *3.3. Temassız Açık Döngü Ödeme Sistemleri*

Açık döngü (open-loop) ödeme sistemlerinde yolcu, ulaşım otoritesi tarafından özel olarak çıkarılmış bir ulaşım kartı yerine banka/kredi kartı veya bu karta bağlı mobil cihazını doğrudan ödeme aracı olarak kullanabilmektedir. Bu sistemlerin temel avantajı, yolcunun önceden ulaşım kartı edinme ve karta bakiye yükleme zorunluluğunun ortadan kalkmasıdır. Özellikle turistler, geçici kullanıcılar ve farklı ulaşım sistemleri arasında hareket eden yolcular açısından açık döngü ödeme önemli bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır. NFC tabanlı mobil cihazların toplu taşıma ödeme sistemleriyle birlikte çalışabilirliği ISO/TR 20527:2022 kapsamında teknik açıdan ele alınmış ve NFC cihazları ile toplu taşıma okuyucuları arasında güvenilir iletişim kurulmasına yönelik yöntemler tanımlanmıştır [10]. Paratransit açısından açık döngü sistemlerin önemli avantajı, aynı ödeme aracının farklı işletmecilerde kullanılabilmesidir. Ancak bunun gerçekleşebilmesi için ödeme doğrulama, ücret hesaplama, işlem takası ve gelir paylaşım sistemlerinin ortak bir altyapıya sahip olması gerekir.

## 4. HESAP TABANLI BİLETLEME (ACCOUNT-BASED TICKETING)

Hesap tabanlı biletleme (Account-Based Ticketing-ABT), geleneksel kart-merkezli sistemlerden farklı olarak yolcunun seyahat hakkı ve ödeme bilgilerinin fiziksel kart üzerinde değil, merkezi veya bulut tabanlı bir hesapta tutulduğu bir sistem yaklaşımıdır. ABT sistemlerinde yolcu; temassız kart, banka kartı, akıllı telefon veya başka bir token kullanarak sisteme erişmekte, ücret hesaplama işlemi ise merkezi sistem tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu yapı, farklı ödeme araçlarının aynı ulaşım hesabına bağlanmasına ve daha esnek ücret politikalarının uygulanmasına olanak sağlamaktadır. ABT'nin paratransit sistemler açısından

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

en önemli avantajı, farklı ulaşım operatörlerinin aynı hesap altyapısına bağlanabilmesidir. Örneğin yolcu önce metro, daha sonra otobüs ve son olarak paratransit minibüs kullanıyorsa, sistem yolculuk zincirini tek bir hesap üzerinden takip ederek bütünleşik ücret politikası uygulayabilir. Bu yapı aynı zamanda "en iyi ücret" (best fare) uygulamalarının gerçekleştirilmesine de olanak sağlayabilir. Yolcunun farklı modlarda gerçekleştirdiği yolculuklar merkezi hesap üzerinden değerlendirilebildiğinden, aktarma indirimi, günlük/haftalık üst sınır veya bütünleşik ücret gibi politikalar uygulanabilir.

ABT'nin giderek daha önemli bir teknoloji alanı hâline geldiği güncel uluslararası standartlaşma çalışmalarından da görülmektedir. ITU-T'nin 2025–2028 çalışma programında ABT güvenliğine ilişkin yeni bir rehber geliştirilmesi planlanmakta ve ABT; seyahat hakları, ödeme bilgileri ve yolculuk verilerinin merkezi bir hesapta yönetildiği biletleme yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır [11]. Bununla birlikte ABT'nin paratransit sistemlere uygulanması yalnızca teknik entegrasyon problemi değildir. Merkezi hesap sisteminde hangi kurumun veri sahibi olacağı, ödeme işlemlerinin hangi kuruluş tarafından gerçekleştirileceği, işletmecilere yapılacak ödemelerin nasıl hesaplanacağı ve yolcu bilgilerinin hangi koşullarda paylaşılacağı gibi yönetişim sorunlarının da çözülmesi gerekmektedir.

## 5. ÖDEME ENTEGRASYONU VE BİRLİKTE ÇALIŞABİLİRLİK

Ulaşım sistemlerinde entegrasyon, yalnızca farklı modların aynı kartı kabul etmesi anlamına gelmemektedir. Gerçek anlamda ödeme entegrasyonu; ödeme aracının tanınması, ücretin doğru hesaplanması, işlem bilgilerinin paylaşılması, gelirlerin ilgili işletmecilere aktarılması ve kullanıcı haklarının korunmasını kapsayan çok katmanlı bir süreçtir. Fare integration literatüründe entegrasyonun teknolojik ve organizasyonel yenilikleri birlikte içerdiği belirtilmektedir [12]. Yapılan çalışmalar, ücret entegrasyonunun toplu taşıma talebini olumlu etkileyebildiğini ve bilgi teknolojileri ile nakitsiz ödeme sistemlerinin bu süreçte önemli rol oynadığını göstermektedir [13].

Paratransit sistemlerde ise birlikte çalışabilirlik dört düzeyde değerlendirilebilir:

Teknik birlikte çalışabilirlik: Kart, NFC, EMV, QR veya mobil cihazların farklı okuyucularla iletişim kurabilmesi.

Veri birlikte çalışabilirliği: Yolculuk, ödeme ve araç verilerinin farklı kurumlar arasında ortak veri modelleriyle paylaşılabilmesi.

Finansal birlikte çalışabilirlik: Farklı işletmeciler arasında ücretlerin ve gelirlerin doğru biçimde dağıtılabilmesi.

Kurumsal birlikte çalışabilirlik: Belediye, ulaşım otoritesi, özel işletmeci, ödeme kuruluşu ve teknoloji sağlayıcılarının ortak bir yönetişim yapısı içinde çalışabilmesi.

Bu nedenle ödeme entegrasyonunun başarısı, yalnızca teknolojik altyapının satın alınmasıyla sağlanamaz. Sistem mimarisinin kurumsal ve ekonomik yapıyla uyumlu olması gerekir.

Paratransit sistemlerin ana toplu taşıma ağıyla entegrasyonu özellikle kent çeperlerinde, düşük yoğunluklu bölgelerde ve toplu taşıma erişiminin sınırlı olduğu alanlarda önem taşımaktadır. İzmir örneğinde paratransit sistemlerin kent içi otobüs sistemiyle bütünleştirilmesini incelemiş

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

ve otobüs hatlarının maliyet-fayda özelliklerine göre belirli güzergâhların paratransit hizmetlerine aktarılabileceğini göstermiştir. Çalışma, fiziksel ve operasyonel entegrasyonun kent ulaşım ağının verimliliğini artırabilecek bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır. İstanbul üzerine yapılan DRT çalışmasında da paratransit sistemlerin dinamik taleplere yanıt verebilmesi için teknolojik altyapı, ekonomik yapı ve işletme süreçlerinin birlikte ele alınması gerektiği belirtilmiştir [14]. Bu çalışmalar ödeme boyutuyla birlikte değerlendirildiğinde, fiziksel ve operasyonel entegrasyonun tamamlayıcısı olarak dijital ödeme entegrasyonunun gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Yolcu, örneğin metrodan indikten sonra paratransit minibüse geçtiğinde yeni bir ödeme aracı edinmek veya farklı bir ödeme prosedürü uygulamak zorunda kalıyorsa, sistemin kullanıcı açısından bütünleşik olduğu söylenemez. Bu nedenle gelecekteki paratransit entegrasyon modellerinde ödeme altyapısı, güzergâh ve zamanlama entegrasyonu kadar temel bir bileşen olarak ele alınmalıdır.

## 6. TÜRKİYE'DE PARATRANSİT ÖDEME SİSTEMLERİ

Türkiye'de özellikle büyükşehirlerde elektronik ücret toplama sistemleri uzun süredir toplu taşıma sistemlerinin temel unsurlarından biri hâline gelmiştir. İstanbul gibi yüksek nüfuslu ve çok modlu ulaşım sistemine sahip kentlerde elektronik ödeme verileri, yolcu hareketliliğinin analiz edilmesi ve toplu taşıma işletmesinin yönetilmesi açısından önemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır [2], [3], [4], [5], [15]. Buna karşın minibüs ve benzeri özel işletmeciliğe dayalı paratransit sistemlerinin elektronik ödeme sistemleriyle entegrasyonu daha karmaşık bir problem oluşturmaktadır. Bunun temel nedeni, geleneksel kamu toplu taşıma sistemlerinden farklı olarak her aracın veya işletmecinin ayrı bir ekonomik aktör olabilmesidir. Bu konu açısından 2026 yılında yayımlanan çalışma önemli bir güncel kaynak niteliğindedir. Çalışmada İstanbul Arnavutköy'deki A15 minibüs hattında nakit ödeme sisteminden akıllı ödeme sistemine geçiş, işletmecilerin bakış açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada 19 minibüs işletmecisiyle yapılan değerlendirmelerde finansal faktörler, bakım, güvenlik, toplumsallık ve yasal boyutlar dikkate alınmış; AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar, akıllı kart sisteminin genel değerlendirmede nakit sisteme göre daha avantajlı bulunduğunu göstermiştir [16].

Bu çalışma, paratransit ödeme entegrasyonunun yalnızca “hangi teknolojinin kullanılacağı” sorusundan ibaret olmadığını göstermesi açısından önemlidir. İşletmecilerin gelir güvencesi, finansal şeffaflık, bakım maliyetleri, vergilendirme, yasal düzenlemeler ve sistemin sürdürülebilirliği gibi faktörler ödeme teknolojisinin benimsenmesinde belirleyici olabilmektedir. Dolayısıyla Türkiye'de paratransit sistemlerin dijital ödeme altyapısına entegrasyonu için teknoloji seçiminin yanında işletmeci davranışlarını da dikkate alan çok kriterli karar destek modellerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

## 7. LİTERATÜRÜN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ VE ARAŞTIRMA BOŞLUKLARI

Literatür taraması sonucunda paratransit ve ödeme sistemleri konusunda çalışmaların üç ana grupta yoğunlaştığı görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Birinci grup çalışmalar**, paratransit ve DRT operasyonlarına odaklanmaktadır. Bu çalışmalarda araç tahsisi, rota optimizasyonu, talep tahmini, maliyet ve hizmet alanı gibi konular ön plana çıkmaktadır [1–3].

**İkinci grup çalışmalar**, elektronik ücret toplama ve akıllı kart teknolojilerine odaklanmaktadır. Bu araştırmalar ödeme teknolojilerinin teknik özellikleri, kart verilerinin analizi, işlem güvenliği ve kullanıcı davranışları üzerinde yoğunlaşmaktadır [6,7].

**Üçüncü grup çalışmalar** ise toplu taşıma entegrasyonu, MaaS ve ücret entegrasyonu konularını ele almaktadır [12–14]. Ancak bu literatürde paratransit sistemler çoğu zaman ana toplu taşıma sisteminin dışında veya ikincil bir hizmet olarak ele alınmaktadır.

Bu durum önemli bir araştırma boşluğu oluşturmaktadır. Özellikle aşağıdaki konularda daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır:

Birinci araştırma boşluğu: Paratransit sistemlerin ABT ve açık döngü ödeme sistemlerine entegrasyonuna ilişkin uygulama modellerinin sınırlı olmasıdır.

İkinci araştırma boşluğu: Teknik entegrasyon ile işletmeci ekonomik davranışının aynı model içerisinde değerlendirilmemesidir.

Üçüncü araştırma boşluğu: Farklı ulaşım modları arasında gelir paylaşım mekanizmalarının paratransit açısından yeterince incelenmemesidir.

Dördüncü araştırma boşluğu: Ödeme entegrasyonu, veri paylaşımı, mahremiyet ve kurumsal yönetişim boyutlarının birlikte ele alındığı çalışmaların azlığıdır.

Beşinci araştırma boşluğu: Türkiye'de minibüs ve dolmuş gibi özel işletmeciliğe dayalı paratransit sistemlerin akıllı ödeme altyapılarına geçişini değerlendiren çalışmaların sınırlı olmasıdır. Bu son alan açısından 2026 tarihli Şahin [16] çalışması önemli bir başlangıç noktası sunmakta; ancak çalışma belirli bir pilot hat ve işletmeci perspektifiyle sınırlı olduğundan, farklı kentler, kullanıcı grupları, teknoloji seçenekleri ve kurumsal modeller açısından genişletilmiş araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatürün genel değerlendirmesi, paratransit sistemlerin ulaşım ağlarında önemli bir tamamlayıcı işlev üstlendiğini, ancak dijital ödeme ve entegrasyon çalışmalarında bu sistemlerin ana toplu taşıma modlarına kıyasla daha sınırlı ele alındığını göstermektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde paratransit hizmetlerinin önemli bir bölümünün özel işletmeciler tarafından yürütülmesi, ödeme entegrasyonunu karmaşıklaştırmaktadır. Kamu işletmelerinde ödeme sisteminin uygulanması çoğunlukla merkezi bir karar mekanizmasıyla gerçekleştirilebilirken, özel işletmecilerde gelir kaybı, maliyet, vergilendirme ve işletme özgürlüğü gibi faktörler teknolojinin kabulünü doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle paratransit ödeme entegrasyonu için tek bir teknolojiye dayalı çözüm geliştirmek yerine katmanlı bir sistem yaklaşımı benimsenmelidir. Bu yaklaşımda ödeme cihazları, merkezi ücret yönetim sistemi, ABT, veri platformu ve gelir paylaşım mekanizması birlikte tasarlanmalıdır. Ayrıca kullanıcı açısından ödeme entegrasyonunun mümkün olduğunca görünmez olması hedeflenmelidir. Kullanıcı metro, otobüs ve minibüs arasında geçiş yaparken her mod için farklı

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

kart, uygulama veya ödeme prosedürü kullanmak zorunda kalmamalıdır. Bu hedef, ABT ve açık döngü ödeme sistemlerinin paratransit açısından önemini artırmaktadır. Bununla birlikte veri güvenliği ve mahremiyet de göz ardı edilmemelidir. Elektronik ödeme sistemleri çok ayrıntılı hareketlilik verileri üretebildiğinden, yolcu hareketlerinin izlenmesi ve kişisel verilerin korunması arasında dengeli bir yönetişim modeli oluşturulmalıdır [6,10].

Sonuç olarak ödeme entegrasyonu teknik bir altyapı projesinden ziyade, ulaşım sisteminin teknolojik, ekonomik, kurumsal ve kullanıcı odaklı dönüşüm projesi olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmada paratransit sistemlerde kullanılan ve kullanılabilecek ödeme teknolojileri ile bu sistemlerin bütünleşik toplu taşıma ağlarına entegrasyon yaklaşımları ulusal ve uluslararası literatür kapsamında değerlendirilmiştir. Literatür değerlendirmesi sonucunda paratransit sistemlerin özellikle erişilebilirlik, esneklik ve toplu taşıma ağının tamamlanması açısından önemli bir işlev üstlendiği görülmüştür. Bununla birlikte bu sistemlerin dijital ödeme altyapıları açısından geleneksel toplu taşıma sistemlerinin gerisinde kaldığı ve özellikle özel işletmecilik yapısının entegrasyon sürecini karmaşıklaştırdığı belirlenmiştir. Akıllı kartlar, paratransit sistemlerin elektronik ödeme altyapısına geçişinde uygulanabilir bir çözüm olmakla birlikte, gelecekte temassız açık döngü sistemler ve ABT'nin daha yüksek entegrasyon potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle ABT, farklı ulaşım modlarının tek bir kullanıcı hesabı üzerinden yönetilmesine ve bütünleşik ücret politikalarının uygulanmasına olanak sağlayabilmektedir [7,11]. Ödeme entegrasyonunun başarılı olabilmesi için yalnızca teknik uyumluluk yeterli değildir. Veri paylaşımı, gelir paylaşımı, kullanıcı mahremiyeti, işletmeci teşvikleri, bakım maliyetleri ve yasal düzenlemeler de sistem tasarımının temel bileşenleri olmalıdır.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, özellikle İstanbul'daki minibüs sistemleri önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. 2026 yılında gerçekleştirilen güncel bir çalışma, minibüs işletmecilerinin akıllı ödeme sistemine geçiş kararlarında finansal ve bakım faktörlerinin öne çıktığını ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin bu tür karar süreçlerinde kullanılabileceğini göstermektedir [15]. Bu doğrultuda gelecekte yapılacak araştırmalar için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır: Farklı paratransit türleri için akıllı kart, açık döngü, mobil ödeme ve ABT sistemleri karşılaştırılmalıdır. Paratransit ile otobüs, metro, tramvay ve diğer ulaşım modlarının tek ödeme hesabı üzerinden bütünleştirildiği modeller geliştirilmelidir. Farklı işletmeciler arasında gelir paylaşımını sağlayacak matematiksel ve ekonomik modeller oluşturulmalıdır. Ödeme entegrasyonunun kullanıcı kabulü, işletmeci kabulü ve kamu otoritesinin hedefleri açısından birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. AHP, TOPSIS ve benzeri çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak kent ve hat bazlı ödeme teknolojisi seçim modelleri geliştirilebilir. ABT tabanlı paratransit ödeme sistemlerinin MaaS platformlarıyla entegrasyonu araştırılmalıdır. Sonuç olarak, paratransit sistemlerin gelecekteki dönüşümü yalnızca araçların veya işletme modellerinin dijitalleştirilmesiyle sınırlı olmamalıdır. Ödeme teknolojileri, veri altyapısı, toplu taşıma entegrasyonu ve karar destek mekanizmaları birlikte ele alınmalıdır. Bu yaklaşım, paratransit sistemlerin kentsel ulaşım ağlarının dışında kalan esnek hizmetler olmaktan çıkarak, bütünleşik, veri odaklı ve kullanıcı merkezli ulaşım ekosistemlerinin aktif bir bileşeni hâline gelmesine katkı sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

[1] M. J. Booysen, C. J. Abraham, ve B. G. Pretorius, "A system-of-systems framework for planning the electrification of paratransit", *Energy Strategy Rev.*, c. 62, s. 101892, Kas. 2025, doi: 10.1016/j.esr.2025.101892.

[2] O. S. Vaidya ve S. Kumar, "Analytic hierarchy process: An overview of applications", *Eur. J. Oper. Res.*, c. 169, sy 1, ss. 1-29, Şub. 2006, doi: 10.1016/j.ejor.2004.04.028.

[3] H. Veisi, R. Deihimfard, A. Shahmohammadi, ve Y. Hydarzadeh, "Application of the analytic hierarchy process (AHP) in a multi-criteria selection of agricultural irrigation systems", *Agric. Water Manag.*, c. 267, s. 107619, Haz. 2022, doi: 10.1016/j.agwat.2022.107619.

[4] D. M. Kucuker ve D. Cedano Giraldo, "Assessment of soil erosion risk using an integrated approach of GIS and Analytic Hierarchy Process (AHP) in Erzurum, Turkiye", *Ecol. Inform.*, c. 71, s. 101788, Kas. 2022, doi: 10.1016/j.ecoinf.2022.101788.

[5] S. R. Gleason ve N. M. Silverstein, "Challenges and Visions for the Future Among Paratransit Providers", *The Gerontologist*, c. 63, sy 4, ss. 731-740, May. 2023, doi: 10.1093/geront/gnac148.

[6] S. O. Bankole, D. L. Donaldson, D. Dissanayake, ve E. J. Sakamoto Ferranti, "Electrifying paratransit in sub-Saharan Africa: Perspectives from practitioners", *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, c. 150, s. 105113, Oca. 2026, doi: 10.1016/j.trd.2025.105113.

[7] B. Nichols, É. M. S. Ramos, L. E. Olsson, M. Friman, ve C. J. Bergstad, "Exploring the social impact of paratransit: A systematic literature review with a micro-level perspective", *Case Stud. Transp. Policy*, c. 22, s. 101584, Ara. 2025, doi: 10.1016/j.cstp.2025.101584.

[8] C. Hull, J. H. Giliomee, K. A. Collett, M. D. McCulloch, ve M. J. Booysen, "High fidelity estimates of paratransit energy consumption from per-second GPS tracking data", *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, c. 118, s. 103695, May. 2023, doi: 10.1016/j.trd.2023.103695.

[9] L. A. Ashour ve Q. Shen, "Incorporating ride-sourcing services into paratransit for people with disabilities: Opportunities and barriers", *Transp. Policy*, c. 126, ss. 355-363, Eyl. 2022, doi: 10.1016/j.tranpol.2022.08.005.

[10] H.-M. Lyu, W.-H. Zhou, S.-L. Shen, ve A.-N. Zhou, "Inundation risk assessment of metro system using AHP and TFN-AHP in Shenzhen", *Sustain. Cities Soc.*, c. 56, s. 102103, May. 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102103.

[11] K. Hafeez, Y. Zhang, ve N. Malak, "Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process", *Int. J. Prod. Econ.*, c. 76, sy 1, ss. 39-51, Mar. 2002, doi: 10.1016/S0925-5273(01)00141-4.

[12] V. K. Phun ve T. Yai, "State of the Art of Paratransit Literatures in Asian Developing Countries", *Asian Transp. Stud.*, c. 4, sy 1, ss. 57-77, 2016, doi: 10.11175/eastsats.4.57.

[13] A. S. Abass, M. Aljoufie, ve A. M. Gbban, "The role of paratransit in sustainable urban mobility: A scoping review", *Res. Transp. Econ.*, c. 113, s. 101613, Eki. 2025, doi: 10.1016/j.retrec.2025.101613.

[14] D. T. Silcock, "Urban paratransit in the developing world", *Transp. Rev.*, c. 1, sy 2, ss. 151-168, Nis. 1981, doi: 10.1080/01441648108716456.

[15] E. Gosling ve E. Reith, "Capturing Farmers' Knowledge: Testing the Analytic Hierarchy Process and a Ranking and Scoring Method", *Soc. Nat. Resour.*, c. 33, sy 5, ss. 700-708, May. 2020, doi: 10.1080/08941920.2019.1681569.

[16] "Smart Payment Method Evaluation for a Cash-Based Paratransit System". Erişim: 03 Eylül 2026. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.mdpi.com/2071-1050/18/7/3382

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# YAPAY AGREGA TÜRLERİ VE ASFALT KARIŞIMLARDA KULLANIMLARININ İNCELENMESİ

**Dr. Öğretim Üyesi Onur Şahin**
Yıldız Teknik Üniversitesi
sahino@yildiz.edu.tr - 0000-0002-4574-9272

## ÖZET

Ulaşım altyapılarının geliştirilmesine yönelik artan talep, doğal agrega rezervlerinin hızla tükenmesi ve sürdürülebilir malzeme kullanımına ilişkin küresel politikalar, yol yapım sektöründe alternatif agrega kaynaklarının araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda endüstriyel yan ürünler ile geri dönüştürülmüş malzemelerden elde edilen yapay agregalar, doğal agregalara alternatif oluşturarak hem doğal kaynak tüketiminin azaltılmasına hem de atık yönetimi ve döngüsel ekonomi hedeflerine katkı sağlamaktadır. Ancak bu malzemelerin asfalt karışımlarındaki performanslarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri doğrultusunda kapsamlı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, dünya genelinde ve Türkiye'de kullanım alanı bulan yapay agrega türlerinin kapsamlı bir literatür değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Uçucu kül agregaları, yüksek fırın cürufu, çelik cürufu, genişletilmiş kil, genleştirilmiş şist, geri dönüştürülmüş beton agregası, geri dönüştürülmüş cam agregası ve diğer yenilikçi yapay agrega türleri; üretim yöntemleri, temel mühendislik özellikleri, kullanım alanları ve sürdürülebilirlik açısından sağladıkları avantajlar bakımından incelenmiştir. Bunun yanı sıra söz konusu agregaların asfalt karışımlarında kullanım potansiyeli; dane dayanımı, aşınma direnci, su emme kapasitesi, özgül ağırlık, bitüm-agrega aderansı, nem hasarına karşı dayanım ve uzun dönem kaplama performansı gibi temel performans kriterleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Literatürde raporlanan bulgular doğrultusunda asfalt karışımlarında kullanılmaya en uygun yapay agrega türleri belirlenmiş, bu malzemelerin sağlayabileceği teknik, ekonomik ve çevresel kazanımlar ile uygulama sırasında karşılaşılabilecek sınırlılıklar tartışılmıştır. Çalışmanın, sürdürülebilir asfalt teknolojilerinin geliştirilmesine katkı sağlaması ve gelecekte yürütülecek deneysel araştırmalara bilimsel bir altyapı oluşturması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** Yapay agrega, asfalt karışımları, sürdürülebilir yol mühendisliği, endüstriyel yan ürünler, geri dönüştürülmüş agregalar

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INVESTIGATION OF ARTIFICIAL AGGREGATE TYPES AND THEIR SUITABILITY FOR ASPHALT MIXTURES

The increasing demand for transportation infrastructure, the rapid depletion of natural aggregate resources, and global sustainability policies have intensified the search for alternative aggregate materials in pavement engineering. In this context, artificial aggregates produced from industrial by-products and recycled materials have emerged as sustainable alternatives to natural aggregates by reducing the consumption of virgin resources while promoting effective waste management and circular economy practices. Nevertheless, the applicability of these materials in asphalt mixtures requires comprehensive evaluation based on their physical, mechanical, and chemical characteristics. This study presents a comprehensive literature review of artificial aggregate types currently utilized worldwide and in Türkiye. Artificial aggregates, including fly ash aggregates, blast furnace slag, steel slag, expanded clay, expanded shale, recycled concrete aggregate, recycled glass aggregate, and other innovative aggregate materials, are evaluated in terms of their production processes, engineering properties, application fields, and sustainability benefits. Furthermore, the suitability of these materials for asphalt mixtures is assessed based on key performance parameters such as particle strength, abrasion resistance, water absorption, specific gravity, bitumen–aggregate adhesion, moisture damage resistance, and long-term pavement performance. Based on the findings reported in the literature, the artificial aggregate types with the highest potential for asphalt applications are identified, and their technical, economic, and environmental advantages, together with potential limitations affecting field implementation, are discussed. The outcomes of this study are expected to contribute to the development of sustainable asphalt technologies and provide a scientific basis for future experimental investigations focusing on artificial aggregate utilization in asphalt pavements.

**Keywords:** Artificial aggregates, asphalt mixtures, sustainable pavement engineering, industrial by-products, recycled aggregates.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. GİRİŞ

Karayolu altyapıları, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminde önemli bir role sahip olmakla birlikte, yol yapım ve bakım faaliyetleri yüksek miktarda doğal kaynak tüketimine neden olmaktadır. Asfalt betonunda hacimsel olarak en büyük bileşeni mineral agregalar oluşturmaktadır. Bu nedenle asfalt kaplamalarının üretimi için büyük miktarlarda doğal taş malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Doğal agregaların taş ocaklarından çıkarılması, kırılması, elenmesi ve taşınması; enerji tüketimi, arazi kullanımı, toz ve gürültü oluşumu gibi çeşitli çevresel etkiler meydana getirmektedir. Literatürde doğal agrega tüketiminin azaltılması amacıyla endüstriyel yan ürünler, inşaat ve yıkıntı atıkları ile farklı atık akımlarından elde edilen ikincil malzemelerin yol yapımında değerlendirilmesine yönelik çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir [1]. Döngüsel ekonomi yaklaşımının yaygınlaşmasıyla birlikte atıkların yalnızca bertaraf edilmesi gereken malzemeler olarak değil, yeniden kullanılabilir ikincil hammaddeler olarak değerlendirilmesi önem kazanmıştır. Bu yaklaşım, özellikle yüksek miktarda atık veya yan ürün üreten demir-çelik, enerji ve inşaat sektörleri açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Çelik cürufu, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, geri dönüştürülmüş beton ve atık cam gibi malzemelerin uygun işlemlerden geçirilerek yol yapımında kullanılması, doğal agrega ihtiyacını azaltmanın yanı sıra atık depolama miktarının da düşürülmesine katkı sağlayabilmektedir [2], [3], [4], [5], [6]. Yapay agrega kavramı, doğal taş ocaklarından doğrudan elde edilmeyen; endüstriyel prosesler, ısıl işlemler, granülasyon, sinterleme veya geri dönüşüm gibi işlemler sonucunda agrega olarak kullanılabilir hale getirilen malzemeleri kapsamaktadır. Güncel bir sistematik derlemede endüstriyel yan ürünlerden üretilen yapay agregaların özellikleri, üretim süreçleri ve sürdürülebilir yapı uygulamalarındaki potansiyelleri ayrıntılı olarak ele alınmış ve bu malzemelerin kaynak verimliliği açısından önemli fırsatlar sunduğu belirtilmiştir [5]. Bununla birlikte bir malzemenin atık veya yan ürün niteliğinde olması, doğrudan asfalt agregası olarak kullanılabileceği anlamına gelmemektedir. Asfalt karışımında kullanılan agreganın yüksek mekanik dayanım, aşınma direnci, uygun şekil ve yüzey özellikleri, yeterli bitüm-agrega aderansı ve çevresel koşullara karşı dayanıklılık göstermesi gerekmektedir. Ayrıca yapay agregaların üretim yöntemleri ve kaynak malzemenin özellikleri nedeniyle doğal agregalara göre daha yüksek heterojenlik gösterebilmesi, karışım tasarımında ilave kalite kontrol gereksinimleri doğurmaktadır [2,6].

Bu çalışmanın amacı, asfalt karışımlarında alternatif agrega olarak kullanılabilecek başlıca yapay agrega türlerini literatür kapsamında değerlendirmek ve söz konusu malzemelerin teknik, ekonomik ve çevresel yönlerini karşılaştırmaktır. Bu kapsamda çelik cürufu, yüksek fırın cürufu, uçucu kül esaslı agregalar, hafif yapay agregalar, geri dönüştürülmüş beton agregası ve geri dönüştürülmüş cam agregası incelenmiştir. Ayrıca yapay agregaların asfalt karışımlarındaki performansı; mekanik dayanım, kalıcı deformasyon, nem hasarı, aderans, su emme ve sürdürülebilirlik kriterleri açısından değerlendirilmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. YAPAY AGREGALARIN SINIFLANDIRILMASI VE TEMEL ÖZELLİKLERİ

Yapay agregalar genel olarak endüstriyel yan ürünlerden üretilen agregalar, ısıl işlemle üretilen hafif agregalar ve geri dönüştürülmüş malzemelerden elde edilen agregalar şeklinde sınıflandırılabilir. Bu malzemelerin özellikleri üretim sürecine, kimyasal bileşime, gözenekliliğe ve kaynak malzemenin karakteristiklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Endüstriyel yan ürünler arasında çelik cürufu ve yüksek fırın cürufu, mekanik özellikleri nedeniyle asfalt uygulamalarında öne çıkmaktadır. Özellikle çelik cürufunun yüksek sertlik, köşeli tane yapısı ve pürüzlü yüzey dokusu, agrega taneleri arasında güçlü mekanik kenetlenme sağlayabilmektedir [7], [8], [9], [10]. Buna karşılık geri dönüştürülmüş beton agregası, doğal agrega tanelerinin çevresinde bulunan eski çimento harcı nedeniyle daha düşük yoğunluk ve daha yüksek su emme gösterebilmektedir [9–10]. Hafif yapay agregalar olarak genişletilmiş kil ve genleştirilmiş şist gibi malzemeler, üretim sırasında meydana gelen gözenekli yapı nedeniyle düşük yoğunluğa sahiptir. Bu özellik bazı özel uygulamalarda avantaj sağlarken, yüksek su emme ve bitüm emilimi asfalt karışımlarında dikkate alınması gereken temel sınırlılıklar arasında yer almaktadır. Atık cam ise kırma ve eleme işlemleri sonucunda asfalt karışımlarında belirli oranlarda agrega olarak kullanılabilmektedir. Cam agregaların düşük özgül ağırlığı nedeniyle aynı kütle için daha yüksek hacimsel verim elde edilebilmekte; ancak camın hidrofobik değil hidrofilik yüzey yapısı nedeniyle nem hasarı ve aderans açısından dikkatli olunması gerekmektedir [3], [11], [12], [13].

## 3. ENDÜSTRİYEL YAN ÜRÜNLERDEN ELDE EDİLEN YAPAY AGREGALAR

### *3.1. Çelik Cürufu*

Çelik cürufu, çelik üretim prosesinin önemli yan ürünlerinden biridir ve özellikle elektrik ark ocağı (EAF) ve benzeri çelik üretim süreçlerinde ortaya çıkmaktadır. Çelik cürufunun yüksek özgül ağırlık, sertlik, köşeli tane yapısı ve pürüzlü yüzey özellikleri, onu asfalt karışımları açısından dikkat çekici bir alternatif agrega haline getirmektedir [7,8]. Çelik cürufunun asfalt karışımlarındaki en önemli avantajlarından biri, kalıcı deformasyona karşı direnci artırabilmesidir. Literatür incelemelerinde çelik cürufu içeren asfalt karışımlarının tekerlek izi oluşumuna karşı daha yüksek direnç gösterebildiği ve agrega iskeletinin daha güçlü hale gelebildiği belirtilmiştir [7]. Özellikle ağır trafik yüklerine maruz kalan yüzey tabakalarında bu özellik önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Çelik cürufunun pürüzlü yüzey yapısı aynı zamanda bitüm ile agrega arasındaki mekanik kenetlenmeyi geliştirebilmektedir. Bunun sonucunda asfalt karışımlarında kayma direncinin ve yüzey fonksiyonelliğinin iyileşmesi mümkün olabilmektedir. EAF cürufu üzerine yapılan kapsamlı bir incelemede, malzemenin yüksek mekanik özellikleri nedeniyle kaba agrega olarak yüksek oranlarda kullanılabileceği; ancak artan bitüm emilimi ve karışım yoğunluğu gibi ekonomik ve tasarımsal hususların dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir [8]. Çelik cürufunun kullanımındaki temel sınırlılıklardan biri hacimsel kararlılıktır. Cüruf içerisinde bulunabilen serbest CaO ve MgO gibi bileşenlerin su ile reaksiyona girmesi sonucunda hacimsel genleşme meydana gelebilmektedir. Bu nedenle cürufun asfalt karışımına dahil edilmeden önce uygun yaşlandırma, stabilizasyon ve kalite

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

kontrol işlemlerinden geçirilmesi önem taşımaktadır [7]. Türkiye açısından değerlendirildiğinde, çelik üretim kapasitesinin yüksek olması nedeniyle çelik cürufu önemli miktarda potansiyel ikincil hammadde niteliğindedir. Türkiye'nin 2020 yılında yaklaşık 35,8 milyon ton ham çelik üretimi gerçekleştirdiği ve Avrupa'nın önemli çelik üreticilerinden biri olduğu belirtilmektedir [14]. Bu durum, özellikle çelik üretiminin yoğun olduğu bölgelerde cürufun yol yapımında değerlendirilmesi için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır.

### *3.2. Yüksek Fırın Cürufu*

Yüksek fırın cürufu, demir üretiminde ortaya çıkan bir yan ürün olup, uygun soğutma ve işleme yöntemleriyle agrega olarak değerlendirilebilmektedir. Hava soğutmalı yüksek fırın cürufu kırılarak farklı tane boyutlarında asfalt agregası haline getirilebilir. Yüksek fırın cürufunun gözenekli ve pürüzlü yüzeyi, doğal agregalara kıyasla daha yüksek bitüm emilimine neden olabilmektedir. Bu durum karışım tasarımında optimum bitüm oranının artmasına yol açabilir. FHWA tarafından yayımlanan teknik değerlendirmelerde, yüksek fırın cürufunun gözenekli yapısının asfalt emilimini artırabileceği ve bu nedenle karışımların hacimsel esaslı olarak tasarlanmasının uygun olduğu belirtilmektedir [15]. Bununla birlikte cürufun pürüzlü yüzey yapısı agrega-bitüm etkileşimini ve mekanik kenetlenmeyi olumlu yönde etkileyebilmektedir. Yüksek fırın cürufunun ince agrega fraksiyonunda kullanımı üzerine yapılan araştırmalar da bu malzemenin asfalt mastik ve karışım özellikleri açısından değerlendirilebileceğini göstermektedir [3].

## 4. GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AGREGALAR

### *4.1. Geri Dönüştürülmüş Beton Agregası*

İnşaat ve yıkıntı atıkları, kentleşme ve yapı yenileme faaliyetleri sonucunda büyük miktarlarda ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların önemli bir bölümü beton esaslı olduğundan, geri dönüştürülmüş beton agregası (RCA) doğal agregalara alternatif olarak değerlendirilebilecek önemli bir malzeme kaynağıdır [9–11]. RCA'nın en önemli özelliği, doğal agrega tanelerinin üzerinde eski çimento harcı bulunmasıdır. Bu harç tabakası, agreganın daha gözenekli hale gelmesine ve dolayısıyla su emme kapasitesinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca RCA'nın yoğunluğu doğal agregalara göre daha düşük olabilmektedir [9]. RCA'nın asfalt karışımlarındaki kullanımına ilişkin literatür sonuçları genel olarak olumlu olmakla birlikte, sonuçların kullanılan RCA'nın kaynağına ve özelliklerine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. 2025 yılında yayımlanan kapsamlı bir incelemede, RCA içeren asfalt karışımlarına ilişkin 77 çalışmanın değerlendirildiği ve malzemenin heterojenliğinin performans sonuçlarında önemli rol oynadığı belirtilmiştir [10]. Daha yeni bir 2026 derlemesinde ise RCA'nın asfalt karışımlarında belirli koşullar altında doğal agreganın %60'ına kadar ikame edilebildiği ve uygun performans elde edilebildiği raporlanmıştır [11]. RCA kullanımında en önemli performans problemlerinden biri nem hasarıdır. Eski harç nedeniyle oluşan gözenekli yapı, agrega bünyesinde daha fazla su tutulmasına neden olabilir. Bu durum bitüm-agrega aderansının zayıflamasına ve soyulma riskinin artmasına yol açabilir [9,10]. Bu nedenle

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

RCA'nın mekanik olarak temizlenmesi, eski harcın azaltılması, yüzeyinin güçlendirilmesi veya uygun mineral katkılarla iyileştirilmesi gibi yöntemler araştırılmaktadır. RCA içeren asfalt karışımlarının optimum ikame oranının belirlenmesi de performans açısından kritik bir konudur. Bazı deneysel çalışmalar, orta düzeyde RCA ikamesinin mekanik ve çevresel performans açısından daha dengeli sonuçlar verebildiğini göstermektedir [16].

### *4.2. Geri Dönüştürülmüş Cam Agregası*

Atık camın asfalt karışımlarında kullanılması, cam atıklarının değerlendirilmesi açısından önemli bir geri dönüşüm seçeneğidir. Camın kırılması ve uygun tane boyutuna getirilmesiyle elde edilen malzeme, özellikle ince agrega fraksiyonunda değerlendirilebilmektedir [2]. Cam agregaların özgül ağırlığının geleneksel mineral agregalardan daha düşük olması nedeniyle belirli bir kütle için daha yüksek hacimsel verim elde edilebilmektedir. Bununla birlikte camın yüzey özellikleri, bitümle aderans açısından bazı problemlere yol açabilmektedir. FHWA'nın atık camın asfalt betonda kullanımına ilişkin teknik değerlendirmesinde, camın suyu sevme eğiliminin nem hasarı açısından önemli bir husus olduğu ve yüksek oranlarda veya iri tane boyutlarında kullanımın soyulma ve yüzey bozulması riskini artırabileceği belirtilmiştir [13]. Bu nedenle cam agreganın tane boyutu ve karışım içerisindeki kullanım oranı dikkatle seçilmelidir. Güncel çalışmalar ise cam yüzeyinin çeşitli yöntemlerle modifiye edilmesinin asfaltla aderansı artırabileceğini göstermektedir. 2024 yılında yapılan bir çalışmada silan esaslı yüzey işleminin cam-asfalt arayüzünü iyileştirdiği ve uygun oranda yüzey işlem görmüş cam kullanımının dinamik stabilite ve kayma performansına katkı sağlayabildiği raporlanmıştır [17].

## 5. HAFİF YAPAY AGREGALAR

Genişletilmiş kil ve genleştirilmiş şist gibi hafif yapay agregalar, yüksek sıcaklıkta pişirme sonucunda bünyelerinde gaz oluşması ve gözenekli bir yapının meydana gelmesiyle üretilmektedir. Bu agregaların en belirgin özelliği düşük birim hacim ağırlıklarıdır. Düşük yoğunlukları nedeniyle bu tür agregalar özellikle toplam yapı ağırlığının azaltılmasının önemli olduğu uygulamalarda avantaj sağlayabilir. Ancak asfalt karışımlarında kullanılmaları halinde yüksek gözeneklilik nedeniyle bitüm ve su emme oranlarının dikkate alınması gerekir. Yüksek su emme, yalnızca optimum bitüm oranının artmasına değil, aynı zamanda nem hasarına karşı hassasiyetin yükselmesine de neden olabilir. Bu nedenle hafif yapay agregaların asfalt karışımlarında kullanımı, geleneksel doğal agrega ikamesinden ziyade belirli uygulama koşullarına göre optimize edilmelidir.

## 6. ASFALT KARIŞIMLARINDA PERFORMANS KRİTERLERİ

Yapay agregaların asfalt karışımlarındaki uygunluğu değerlendirilirken yalnızca agreganın fiziksel özelliklerinin değil, agrega ile bitümün birlikte oluşturduğu kompozit sistemin performansının incelenmesi gerekmektedir. İlk önemli kriter mekanik dayanımdır. Trafik yükleri altında agrega tanelerinin kırılmaması ve şekil değiştirmemesi gerekmektedir. Çelik cürufu gibi sert ve köşeli agregalar bu açıdan avantaj sağlayabilirken, bazı geri dönüştürülmüş

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

veya yüksek gözenekliliğe sahip agregalarda kırılma ve parçalanma riski daha yüksek olabilir [7,9]. İkinci önemli kriter aşınma direncidir. Özellikle asfalt aşınma tabakalarında agrega yüzeyinin trafik altında cilalanması, kayma direncinin azalmasına neden olabilir. Çelik cürufunun yüksek yüzey pürüzlülüğü ve sertliği, bu açıdan önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir [7,8]. Su emme de yapay agregaların kullanımında kritik bir parametredir. Yüksek su emme, daha fazla bitüm gereksinimine ve karışım maliyetinin artmasına neden olabilir. Bunun yanında agrega içerisinde tutulan su, bitüm-agrega bağını zayıflatarak nem hasarını artırabilir. Bitüm-agrega aderansı, asfalt kaplamanın uzun dönem dayanıklılığında temel parametrelerden biridir. Agrega yüzeyinin mineralojik yapısı, pürüzlülüğü ve kimyasal özellikleri aderansı belirlemektedir. Çelik cürufu ve bazı yüksek fırın cüruflarında pürüzlü yüzeyin mekanik kenetlenmeyi artırması olumlu bir özellik olarak görülürken, cam ve bazı geri dönüştürülmüş agregalarda aderansın geliştirilmesi için yüzey işlemleri veya antistripping katkıları gerekebilmektedir [18], [18], [19], [20]. Nem hasarı açısından ise özellikle geri dönüştürülmüş beton ve cam agregalar dikkatle değerlendirilmelidir. RCA'nın yüksek su emme kapasitesi ve camın hidrofilik yüzeyi, belirli koşullarda soyulma riskini artırabilmektedir [9,13]. Son olarak uzun dönem performansın değerlendirilmesi gerekmektedir. Laboratuvar ortamında elde edilen Marshall stabilitesi veya kısa süreli dayanım değerlerinin tek başına yeterli olmadığı; tekerlek izi, yorulma, nem hasarı, düşük sıcaklık çatlaması ve yaşlanma gibi uzun dönem davranışların da incelenmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Türkiye'de yapay agrega kullanımının geliştirilmesi, hem doğal agrega kaynaklarının korunması hem de sanayi kaynaklı yan ürünlerin değerlendirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle demir-çelik sektörünün büyüklüğü dikkate alındığında çelik cürufu önemli bir ikincil hammadde kaynağıdır. Türkiye'deki araştırmalarda çelik cürufunun asfalt agregası, beton agregası ve farklı yol tabakalarında kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yürütülmektedir [14,20]. Çelik cürufunun köşeli yapısı, yüksek özgül ağırlığı ve pürüzlü yüzeyi nedeniyle asfalt karışımlarında yüksek kayma direnci, stabilite ve kalıcı deformasyona karşı direnç sağlayabileceği belirtilmektedir [20]. Türkiye'de yol yapım uygulamalarında kullanılacak agregaların teknik gereklilikleri Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Karayolları Teknik Şartnamesi kapsamında tanımlanmaktadır. Bu nedenle yapay agregaların yaygın kullanımının sağlanabilmesi için malzeme özelliklerinin ilgili teknik şartname ve standartlarda tanımlanan performans kriterleriyle uyumlu olması gerekmektedir. Bununla birlikte Türkiye'de yapay agregaların kullanımının artırılması için yalnızca laboratuvar çalışmalarının yapılması yeterli değildir. Pilot yol uygulamalarının gerçekleştirilmesi, uzun dönem saha performansının izlenmesi ve malzeme kaynaklarına ilişkin kalite kontrol sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle çelik cürufu açısından; üretim kaynağı, kimyasal bileşim, serbest CaO ve MgO içeriği, yaşlandırma süresi ve hacimsel kararlılık gibi parametrelerin standartlaştırılması önem taşımaktadır. Geri dönüştürülmüş beton agregasında ise kaynak betonun özellikleri, eski harç miktarı, su emme ve Los Angeles aşınma kaybı gibi parametrelerin kontrol edilmesi gerekmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada asfalt karışımlarında alternatif agrega olarak kullanılabilecek başlıca yapay agrega türleri literatür kapsamında değerlendirilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır: Yapay agregalar, doğal agrega tüketiminin azaltılması ve endüstriyel/kentsel atıkların yeniden değerlendirilmesi açısından sürdürülebilir yol mühendisliği için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Çelik cürufu, yüksek mekanik dayanımı, sertliği, köşeli tane yapısı ve yüzey pürüzlülüğü nedeniyle özellikle ağır trafik altında çalışan asfalt karışımları için öne çıkan alternatiflerden biridir. Çelik cürufu kullanımında hacimsel kararlılık, serbest CaO ve MgO içeriği, suyla reaksiyon ve olası genleşme davranışı mutlaka kontrol edilmelidir. Yüksek fırın cürufu, uygun fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğunda asfalt agregası olarak kullanılabilir. Ancak gözenekli yapı nedeniyle su ve bitüm emiliminin karışım tasarımında dikkate alınması gerekmektedir. Geri dönüştürülmüş beton agregası, doğal agrega kullanımının azaltılması ve inşaat-yıkıntı atıklarının değerlendirilmesi açısından önemli bir alternatiftir. Bununla birlikte eski çimento harcı nedeniyle yüksek su emme ve heterojenlik gibi problemler ortaya çıkabilmektedir. Geri dönüştürülmüş cam agregası özellikle ince agrega fraksiyonunda değerlendirilebilir. Ancak camın yüzey özellikleri nedeniyle aderans ve nem hasarı açısından uygun kullanım oranının belirlenmesi gerekmektedir. Genişletilmiş kil ve genleştirilmiş şist gibi hafif yapay agregalar, düşük yoğunluk gerektiren özel uygulamalarda değerlendirilebilir; ancak yüksek gözeneklilikleri nedeniyle su ve bitüm emilimi dikkate alınmalıdır.

Yapay agregaların sürdürülebilirliği yalnızca doğal agrega ikame oranı üzerinden değerlendirilmemelidir. Üretim enerjisi, taşıma mesafesi, bitüm tüketimi, bakım gereksinimi ve hizmet ömrü gibi parametreler de yaşam döngüsü yaklaşımı içerisinde ele alınmalıdır. Türkiye'de özellikle çelik cürufu ve inşaat-yıkıntı atıklarından elde edilen geri dönüştürülmüş agregaların yol yapımında kullanım potansiyelinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Bunun için malzeme kalite kontrolü, standardizasyon ve saha uygulamalarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Gelecekteki araştırmalarda yalnızca Marshall stabilitesi gibi geleneksel deneylerle sınırlı kalınmamalı; tekerlek izi, yorulma, nem hasarı, dinamik modül, düşük sıcaklık davranışı ve uzun dönem yaşlanma deneyleri birlikte uygulanmalıdır. Sonuç olarak yapay agregalar, uygun malzeme seçimi ve performans esaslı karışım tasarımı gerçekleştirildiğinde doğal agregalara teknik açıdan alternatif oluşturabilecek malzemelerdir. Özellikle çelik cürufu ve yüksek fırın cürufu mekanik performans bakımından; geri dönüştürülmüş beton ve cam agregaları ise atık yönetimi ve kaynak verimliliği bakımından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu malzemelerin yol yapımında yaygınlaştırılması, doğal kaynak tüketiminin azaltılmasına, atıkların ekonomik değere dönüştürülmesine ve döngüsel ekonomi hedeflerinin desteklenmesine katkı sağlayacaktır. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmaların laboratuvar deneylerinden saha uygulamalarına taşınması ve yapay agrega içeren asfalt kaplamaların uzun dönem performansının izlenmesi, bu malzemelerin Türkiye'deki kullanımının yaygınlaştırılması açısından önemli olacaktır.

## KAYNAKÇA

[1] J. Li *vd.*, "Two-step improvements of volumetric design method based on multi-point supported skeleton for asphalt mixtures", *Constr. Build. Mater.*, c. 217, ss. 456-472, Ağu. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.05.076.

[2] N. Singh, J. Raza, F. Colangelo, ve I. Farina, "Advancements in Lightweight Artificial Aggregates: Typologies, Compositions, Applications, and Prospects for the Future", *Sustainability*, c. 16, sy 21, Eki. 2024, doi: 10.3390/su16219329.

[3] G. Zhao, K. Hu, X. Du, X. Tao, ve D. Chen, "An accelerated carbonization approach to prepare wasted concrete powder based artificial aggregates for sustainable asphalt mixture", *Constr. Build. Mater.*, c. 463, s. 140114, Şub. 2025, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2025.140114.

[4] J. Xiao, W. Li, Y. Fan, ve X. Huang, "An overview of study on recycled aggregate concrete in China (1996–2011)", *Constr. Build. Mater.*, c. 31, ss. 364-383, Haz. 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.12.074.

[5] E. Köken, S. Top, ve A. Özarslan, "Assessment of Rock Aggregate Quality Through the Analytic Hierarchy Process (AHP)", *Geotech. Geol. Eng.*, c. 38, sy 5, ss. 5075-5096, Eki. 2020, doi: 10.1007/s10706-020-01349-8.

[6] A. Widayanti, R. A. A. Soemitro, J. J. Ekaputri, ve H. Suprayitno, "ASPHALT CONCRETE MIXTURE PRODUCED USING RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT AND FLY ASH AS ARTIFICIAL AGGREGATE AND FILLER", *J. Teknol. Sci. Eng.*, c. 83, sy 4, ss. 17-29, Haz. 2021, doi: 10.11113/jurnalteknologi.v83.16289.

[7] A. A. El, E. Yalçın, ve M. Yılmaz, "INVESTIGATION OF DESIGN AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MATERIALS USED IN CEMENT MORTAR MIXTURES DESIGNED FOR SEMI-RIGID PAVEMENTS", *Mühendis. Bilim. Ve Tasar. Derg.*, c. 13, sy 2, ss. 509-527, Haz. 2025, doi: 10.21923/jesd.1630961.

[8] . P. N., "INFLUENCE OF COMBINED FLAKINESS AND ELONGATION INDICES OF COARSE AGGREGATES ON THE BITUMINOUS CONCRETE MIXTURE WITH NMAS OF 12.5MM", *Int. J. Res. Eng. Technol.*, c. 04, sy 16, ss. 38-42, May. 2015, doi: 10.15623/ijret.2015.0416007.

[9] J. Zhang, G. Zou, Y. Tan, X. Liu, G. Li, ve C. Zhang, "Investigating the effect of preheating conditions and size effect on asphalt blending in recycled asphalt mixture: New approach based on artificial aggregate and laser scanning confocal microscopy", *Constr. Build. Mater.*, c. 353, s. 129094, Eki. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.129094.

[10] G. Akpınar ve M. Yılmaz, "Investigation of the Usability of Recycled Aggregate Obtained from Post-Earthquake Building Demolition Wastes on Highways: An Evaluation for Turkey".

[11] O. Y. Bayraktar, S. Turhal, A. Benli, J. Shi, ve G. Kaplan, "Application of recycled aggregates and biomass ash in fibre-reinforced green roller compacted concrete pavement-technical and environmental assessment", *Int. J. Pavement Eng.*, c. 26, sy 1, s. 2458140, Ara. 2025, doi: 10.1080/10298436.2025.2458140.

[12] C. Oreto, F. Russo, G. Dell'Acqua, ve R. Veropalumbo, "A comparative environmental life cycle assessment of road asphalt pavement solutions made up of artificial aggregates", *Sci. Total Environ.*, c. 927, s. 171716, Haz. 2024, doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.171716.

[13] O. Sahin ve B. Aksoy, "A Combined AHP–TOPSIS-Based Decision Support System for Highway Pavement Type Selection", *Sustainability*, c. 17, sy 21, Eki. 2025, doi: 10.3390/su17219396.

[14] "Ulusal Tez Merkezi | Anasayfa". Erişim: 22 Ocak 2026. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=bPBvGEtzAB7fJHfN-NdMeA&no=m2mdDyEm-yrqsIQbISFNEA

[15] H. Yu, G. Deng, Z. Zhang, M. Zhu, M. Gong, ve M. Oeser, "Workability of rubberized asphalt from a perspective of particle effect", *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, c. 91, s. 102712, Şub. 2021, doi: 10.1016/j.trd.2021.102712.

[16] F. Russo *vd.*, "Sustainable asphalt mastics made up recycling waste as filler", *J. Environ. Manage.*, c. 301, s. 113826, Oca. 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113826.

[17] N. Mondem ve U. Balunaini, "Manufacturing Artificial Aggregates from Overburden Coal Mine Waste and Their Properties for Pavement Applications", *J. Mater. Civ. Eng.*, c. 36, sy 7, s. 04024147, Tem. 2024, doi: 10.1061/JMCEE7.MTENG-17138.

[18] M. Akbas, R. Iyisan, M. Akbas, ve R. Iyisan, *Assessment of Recycled Waste Materials for Engineering Applications in Turkey*. IntechOpen, 2025. doi: 10.5772/intechopen.1011364.

[19] C.-L. Hwang ve K. Yoon, "Methods for Multiple Attribute Decision Making", içinde *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*, C.-L. Hwang ve K. Yoon, Ed., Berlin, Heidelberg: Springer, 1981, ss. 58-191. doi: 10.1007/978-3-642-48318-9_3.

[20] J. Wang, R. Zhang, H. Zhou, W. Huang, D. Feng, ve X. Li, "Optimization of asphalt mix design considering mixture performance, environmental impact, and life cycle cost", *J. Clean. Prod.*, c. 512, s. 145618, Haz. 2025, doi: 10.1016/j.jclepro.2025.145618.

[21] "Smart Payment Method Evaluation for a Cash-Based Paratransit System". Erişim: 03 Eylül 2026. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.mdpi.com/2071-1050/18/7/3382

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# TEK YÜZÜNDE DAİRESEL DELİK BULUNAN İNCE CİDARLI PASLANMAZ ÇELİK KUTU PROFİLLERİN DOĞRUSAL OLMAYAN BASINÇ VE YEREL BURKULMA DAVRANIŞININ SAYISAL İNCELENMESİ

**Ali İhsan Çelik*[1]**

*Kayseri Üniversitesi, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu Meslek Yüksekokulu, Kayseri / Türkiye

## Özet

Bu çalışmada, tek yüzünde dairesel delik bulunan ince cidarlı paslanmaz çelik kutu profillerin eksenel basınç altındaki doğrusal olmayan davranışı ve yerel burkulma performansı ANSYS Workbench kullanılarak sayısal olarak incelenmiştir. Analizlerde doğrusal statik, özdeğer burkulma ve doğrusal olmayan statik analizler ardışık olarak uygulanmış; geometrik ve malzeme doğrusal olmama etkileri dikkate alınmıştır. İncelenen 20×10 mm kesitli, 1 mm cidar kalınlığına sahip modellerde 2.5, 5.0 ve 7.5 mm delik çaplarının etkileri karşılaştırılmıştır. Burkulma analizlerinde maksimum toplam deformasyonlar sırasıyla 8.263, 6.7015 ve 2.6602 mm olarak belirlenmiş; delik çapının artmasıyla burkulma biçiminin geniş yüzeye yayılan deformasyondan delik çevresinde yoğunlaşan daha lokal bir moda dönüştüğü görülmüştür. Yük–deplasman analizinde D=5 mm modeli yaklaşık **103 kN ile en yüksek taşıma kapasitesine** ulaşırken, D=7.5 mm modelinde yaklaşık 97 kN, D=2.5 mm modelinde ise 47–48 kN maksimum yük elde edilmiştir. Sonuçlar, delik çapının taşıma kapasitesi üzerindeki etkisinin doğrusal olmadığını ve uygun açıklık oranının yerel burkulma ile yük taşıma performansının belirlenmesinde önemli olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Paslanmaz çelik, kutu profil, dairesel delik, yerel burkulma, doğrusal olmayan analiz, ANSYS Workbench.

## Abstract

In this study, the nonlinear behavior and local buckling performance of thin-walled stainless steel box profiles with a circular hole on one side under axial compression were numerically investigated using ANSYS Workbench. Linear static, eigenvalue buckling, and nonlinear static analyses were applied sequentially; geometric and material nonlinearity effects were taken into account. The effects of 2.5, 5.0, and 7.5 mm hole diameters were compared in the 20×10 mm cross-section models with a wall thickness of 1 mm. In the buckling analyses, the maximum total deformations were determined as 8.263, 6.7015, and 2.6602 mm, respectively; it was observed that with increasing hole diameter, the buckling mode changed from a deformation spread over a large surface to a more localized mode concentrated around the hole. In the load-displacement analysis, the D=5 mm model achieved the highest load-carrying capacity with approximately 103 kN, while the D=7.5 mm model yielded approximately 97 kN and the D=2.5 mm model achieved a maximum load of 47–48 kN. The results showed that the effect of hole

[1] Sorumlu Yazar, acelik@kayseri.edu.tr
ORCID: 0000-0001-7233-7647

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

diameter on load-carrying capacity is nonlinear and that the appropriate opening ratio is important in determining the load-carrying performance with local buckling.

**Keywords:** Stainless steel, box profile, circular hole, local buckling, nonlinear analysis, ANSYS Workbench.

## 1. Giriş

Paslanmaz çelik kutu profiller; yüksek korozyon direnci, dayanıklılık, estetik görünüm ve bakım gereksiniminin düşük olması nedeniyle yapı, makine, ulaştırma, enerji ve açık çevre uygulamalarında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Kare ve dikdörtgen boşluklu kesitler, kapalı geometrileri sayesinde burulma rijitliği ve iki doğrultudaki eğilme performansı bakımından önemli üstünlüklere sahiptir. Bununla birlikte, ince cidarlı paslanmaz çelik profillerin taşıma kapasitesi yalnızca malzemenin akma veya %0.2 kalıcı uzama gerilmesiyle belirlenmemekte; kesit narinliği, cidar kalınlığı, köşe geometrisi, soğuk şekillendirme etkisi, başlangıç geometrik kusurları ve yerel burkulma davranışı da nihai dayanım üzerinde belirleyici olmaktadır. Özellikle paslanmaz çeliğin belirgin akma platosu göstermeyen doğrusal olmayan gerilme şekil değiştirme davranışı, karbon çeliğine dayalı basitleştirilmiş elastik–tam plastik modellerin doğrudan kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Güncel sayısal çalışmalar, paslanmaz çelik elemanların modellenmesinde gerçek veya çok doğrulu malzeme eğrilerinin, geometrik doğrusal olmamanın ve başlangıç kusurlarının birlikte dikkate alınmasının gerekli olduğunu göstermektedir [1].

Kutu profiller üzerinde tesisat geçişi, hafifletme, bağlantı elemanlarının yerleştirilmesi veya imalat gereksinimleri nedeniyle açılan delikler, kesitin sürekliliğini bozarak net kesit alanını ve yerel plaka rijitliğini azaltmaktadır. Delik kenarlarında meydana gelen gerilme yığılması, cidarın delik çevresinde erken akmasına, düzlem dışı şekil değiştirmesine ve yerel burkulma modunun değişmesine neden olabilmektedir. Singh ve Chan tarafından kare kutu profil kısa kolonlar üzerinde gerçekleştirilen deneysel ve sayısal araştırmada delik şekli, delik boyutu, delik konumu, kesit kalınlığı ve üretim yönteminin burkulma kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiş; deliğin numune orta yüksekliğinde bulunması durumunda kapasite kaybının daha belirgin olduğu bildirilmiştir [2]. Bu sonuç, eksenel basınç altında maksimum yerel deformasyonların gelişebildiği orta bölgede oluşturulan bir açıklığın, taşıma mekanizması açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Anbarasu ve arkadaşları, dairesel delikli soğuk şekillendirilmiş ferritik paslanmaz çelik kutu kısa kolonların davranışını deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Çalışma, delik boyutu arttıkça kesitin eksenel basınç kapasitesinin ve rijitliğinin azaldığını; göçme biçiminin ise delik çevresindeki yerel deformasyonlar ile düz cidarların burkulmasının etkileşimine bağlı olarak değişebildiğini göstermiştir. Araştırmada doğrusal olmayan sonlu eleman modelleri deney sonuçlarıyla doğrulanmış ve mevcut tasarım yaklaşımlarının delikli paslanmaz çelik elemanlara uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Bu çalışma, tek veya çift yüzeyli açıklıkların paslanmaz çelik kısa kolon davranışı üzerindeki etkisini doğrudan ele alan güncel ve konuyla en yakından ilişkili araştırmalardan biridir [3].

Benzer şekilde, delikli soğuk şekillendirilmiş çelik boşluklu kısa kolonlar için geliştirilen doğrudan dayanım yöntemi temelli çalışmalar, açıklık etkisinin yalnızca net kesit alanındaki azalma ile ifade edilemeyeceğini göstermektedir. Delik çapı, delik yüksekliği, plaka narinliği ve yerel burkulma dalga biçimi birlikte değerlendirilmelidir. Singh ve Singh tarafından

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

gerçekleştirilen çalışma, delikli boşluklu kısa kolonlar için deneysel ve sayısal sonuçlar temelinde tasarım yaklaşımı geliştirmiş ve delik nedeniyle değişen elastik yerel burkulma gerilmesinin dayanım hesabına dahil edilmesi gerektiğini göstermiştir [4].

Kutu profillerin cidar kalınlığı, burkulma davranışını belirleyen başlıca parametrelerden biridir. Et kalınlığının artması, genişlik/kalınlık oranını düşürerek cidarların yerel burkulmaya karşı rijitliğini ve plastik yük taşıma kapasitesini artırmaktadır. Buna karşılık delik çapının artması, özellikle delik çapının profil yüz genişliğine oranı büyüdüğünde, delik ile köşe bölgeleri arasında kalan net ligament genişliğini azaltmaktadır. Bu durumda göçme modu delik kenarında sınırlı plastikleşmeden, delik ile profil köşesi arasında gelişen yaygın yerel burkulma veya yırtılma benzeri yüksek plastik şekil değiştirme bölgelerine dönüşebilir. Güncel araştırmalarda delik çapı, cidar kalınlığı ve kesit boyutlarının birlikte değerlendirilmesi gerektiği özellikle vurgulanmaktadır [3].

Kısa kutu profillerin sonlu elemanlarla modellenmesinde kabuk elemanların, hesaplama maliyeti ve doğruluk bakımından uygun bir çözüm sunduğu bildirilmektedir. Jindra ve arkadaşları tarafından doğrulanan paslanmaz çelik kolon modellerinde kabuk ve katı eleman sonuçları arasında nihai yük bakımından oldukça küçük farklar elde edilmiş; kabuk elemanların özellikle geniş parametrik çalışmalar için daha verimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışmada paslanmaz çeliğin gerçek gerilme–logaritmik plastik şekil değiştirme ilişkisiyle modellenmesi, geometrik doğrusal olmamanın etkinleştirilmesi ve ilk özdeğer burkulma modundan türetilen başlangıç geometrik kusurlarının modele aktarılması önerilmiştir [1].

Başlangıç geometrik kusurları, ince cidarlı elemanlarda ideal geometriden sapmaları temsil ettiği için doğrusal olmayan burkulma analizlerinin önemli bir bileşenidir. Son yıllardaki GMNIA çalışmalarında, ilk elastik burkulma modunun ölçeklendirilerek başlangıç kusuru biçiminde kullanılması yaygın bir yöntemdir[5]. Quan, Walport ve Gardner tarafından çelik ve paslanmaz çelik kiriş-kolonlar için geliştirilen eşdeğer geometrik kusur yaklaşımı da geometrik ve malzeme doğrusal olmamalarının birlikte dikkate alındığı ileri analizlerde kusur tanımının taşıma kapasitesi tahminini doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur.

Literatürde delikli ferritik paslanmaz çelik kutu profiller ve daha büyük ölçekli kare boşluklu kısa kolonlar üzerine araştırmalar bulunmasına rağmen, çok küçük geometrik boyutlara sahip, yalnızca bir yüzünde merkezî dairesel delik bulunan ve farklı en/boy oranları ile cidar kalınlıklarını aynı parametrik program içinde karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. Özellikle 20×10, 20×15 ve 30×15 mm kesitlerin 1.0–1.5 mm et kalınlıklarında ve 2.5–7.5 mm delik çaplarında incelenmesi, delik çapı/yüz genişliği oranı ile cidar narinliğinin etkileşimini ortaya koyabilecek özgün bir parametre alanı sunmaktadır. Bu ölçüler dikkate alınarak 1 mm kalınlığındaki 20x10 mm paslanmaz çelik profil, 2,5mm, 5 mm ve 7,5 mm çapındaki tek yüzeyde açılan delik ile analiz edildi. Bu amaç ile, tek yüzünde dairesel delik bulunan paslanmaz çelik kutu profillerin eksenel basınç altındaki doğrusal olmayan davranışını ANSYS Workbench kullanarak incelemek; delik çapı, kesit geometrisi ve et kalınlığının başlangıç rijitliği, maksimum taşıma kapasitesi, eksenel kısalma, delik çevresindeki gerilme yığılması, eşdeğer plastik şekil değiştirme ve yerel burkulma modu üzerindeki etkileri incelenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Araştırma programı ve numune geometrileri

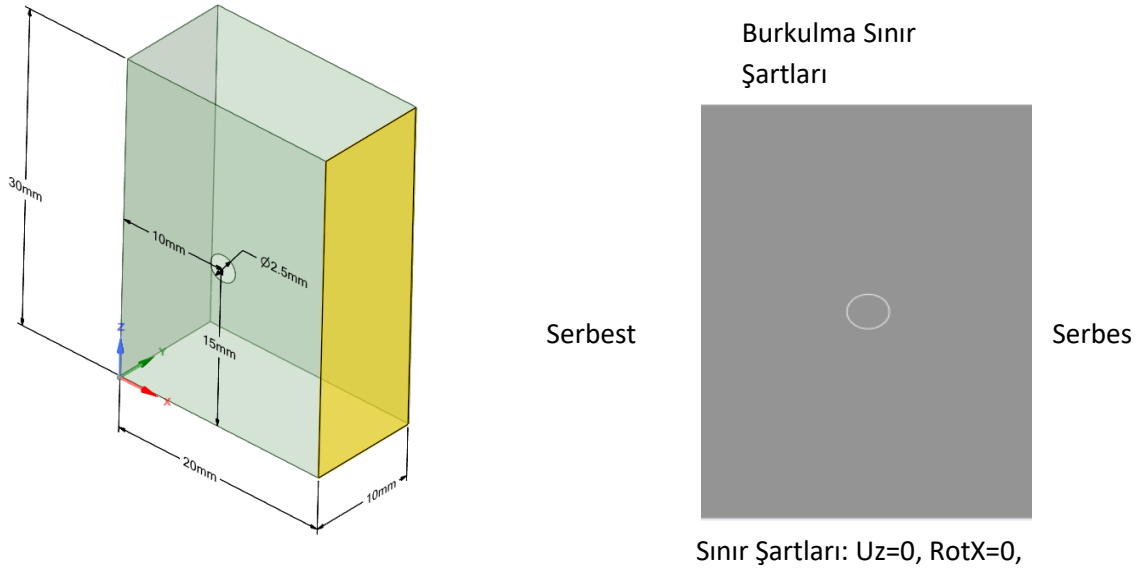
Çalışmada 20×10 mm dikdörtgen kutu profil 30 mm uzunluktaki kesiti kullanılmıştır. Modellenen paslanmaz çelik profilin cidar kalınlığı tanımlanmıştır. Dairesel delik, yalnızca profilin bir geniş yüzüne açılmış ve numune yüksekliği ile ilgili yüz genişliği doğrultusunda merkezlenmiştir. Şekildeki geometri esas alındığında delik merkezi numune tabanından 15 mm yükseklikte ve 20 mm genişlikli yüz için yan kenardan 10 mm uzaklıkta bulunmaktadır. 30 mm genişlikli kesitte delik merkezinin yüzün geometrik merkezinde, yani yan kenarlardan 15 mm uzaklıkta tanımlanması gerekir. Her kesitte cidar kalınlığı 2.5, 5.0 ve 7.5 mm çaplarında üç farklı delik oluşturulmuştur. Planlanan sayısal analiz sayısı ve ölçüleri Tablo 1'de gösterildiği gibidir.

**Tablo 1.** Sayısal modelleme için profil ölçüleri

| No | Profil Ölçüleri (mm) | Uzunluk | Kalınlık (mm) | Delik çapı (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 20X**10** | 30 | 1 | 2.5 |
| 2 | 20X**10** | 30 | 1 | 5 |
| 3 | 20X**10** | 30 | 1 | 7.5 |

Şekil 1'de, özdeğer burkulma ve doğrusal olmayan basınç analizlerinde kullanılan sınır şartları gösterilmektedir. Profilin alt uç kesitinde eksenel yöndeki yer değiştirme Uz=0 ve ilgili dönme serbestliği RotX=0 olacak şekilde kısıtlanmıştır. Buna karşılık profilin yan yüzeyleri **serbest** bırakılarak, basınç yüklemesi sırasında cidarların düzlem dışına doğru deformasyonuna ve dolayısıyla **yerel burkulma modlarının doğal olarak gelişmesine** izin verilmiştir. Bu sınır koşulu yaklaşımında, profilin eksenel basınç altında rijit cisim hareketi engellenirken ince cidarlı kesitin özellikle **dairesel delik çevresinde gerilme yoğunlaşmasına bağlı lokal deformasyon ve burkulma geliştirebilmesi** amaçlanmıştır. Aynı sınır şartları 2.5, 5.0 ve 7.5 mm delik çapına sahip tüm modellerde korunarak, burkulma davranışındaki değişimin doğrudan delik çapının etkisiyle karşılaştırılması sağlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



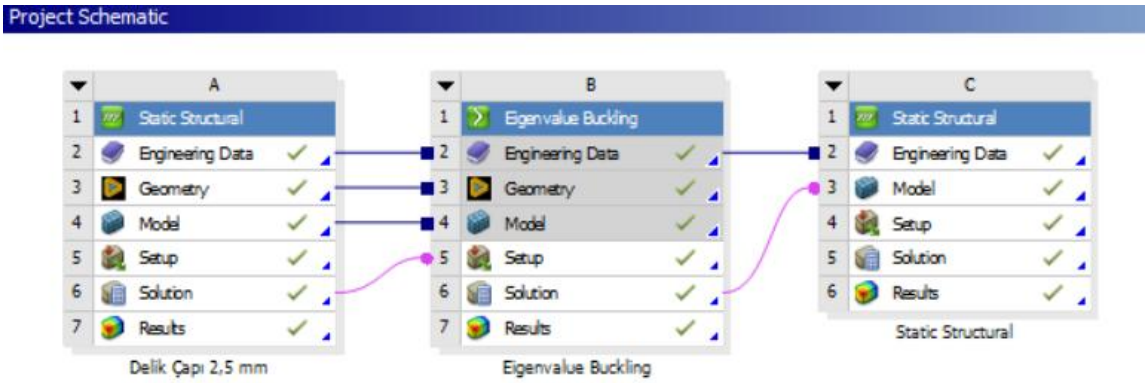

Şekil 1. Profil ölçüleri ve burkula sınır şartları

Tablo 1'de tanımlanan profil ölçüleri, Sayısal analizler için ANSYS Workbench ortamında Şekil 2'de gösterildiği gibi 3 aşamalı olarak gerçekleştirildi. Karşılaştırmalı değerlendirme amacıyla aynı geometrik ve mekanik özelliklere sahip, yalnızca delik çapı değişen üç ayrı model oluşturulmuştur. Tüm modellerde kutu profil kesiti 20 × 10 mm, profil uzunluğu 30 mm ve cidar kalınlığı 1 mm olarak sabit tutulmuştur. Delik çapları ise sırasıyla 2.5, 5.0 ve 7.5 mm olarak belirlenmiştir. Böylece delik çapındaki artışın kesit rijitliği, gerilme yoğunlaşması, taşıma kapasitesi ve özellikle delik çevresinde gelişen yerel burkulma davranışı üzerindeki etkisinin bağımsız olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

ANSYS Workbench proje şemasında 2.5 mm, 5 mm ve 7.5 mm delik çaplarına karşılık gelen üç farklı analiz grubu oluşturulmuş ve her grup kendi içerisinde Static Structural–Eigenvalue Buckling–Static Structural analiz zinciriyle modellenmiştir. İlk doğrusal statik analizden elde edilen model ve sınır koşulları özdeğer burkulma analizine aktarılmış, daha sonra belirlenen kritik burkulma şekilleri doğrusal olmayan statik analiz aşamasında kullanılmıştır. Böylelikle yalnızca elastik gerilme dağılımı değil, geometrik doğrusal olmama ve burkulma sonrası davranışın da göz önüne alınabileceği sistematik bir sayısal analiz altyapısı oluşturulmuştur.

Bu üçlü analiz düzeni sayesinde 2.5, 5.0 ve 7.5 mm delik çaplarının doğrusal olmayan basınç davranışı, kritik burkulma yükü, burkulma modu, toplam deformasyon ve gerilme dağılımı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Böylece çalışma kapsamında tek yüzlü dairesel açıklığın ince cidarlı paslanmaz çelik kutu profillerin stabilite performansı üzerindeki etkisinin sayısal olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




Şekil 2. Belirlenen profil ölçüleri için ANSYS Workbench arayüz

## 2. Sonuçlar ve Tartışma

### 2.1 Burkulma Analizi

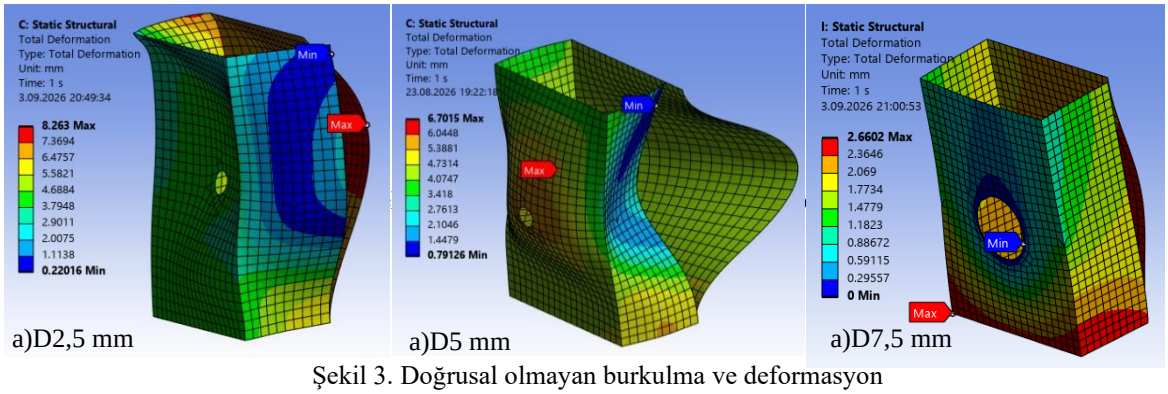
Şekil 3**a)**'da, 2.5 mm delik çapına sahip profil için maksimum toplam deformasyonun 8.263 mm, minimum deformasyonun ise yaklaşık 0.220 mm olduğu görülmektedir. Üç model arasında en yüksek toplam deformasyon bu numunede meydana gelmiştir. Burkulma modu incelendiğinde deformasyonun yalnızca delik çevresinde lokalize olmadığı, profilin geniş yüzeyinin önemli bir bölümüne yayılan belirgin bir düzlem dışı cidar deformasyonu oluşturduğu görülmektedir. Özellikle sağ cidarda gelişen dışa doğru kabarma, ince cidarlı kesitte belirgin bir yerel plaka burkulması meydana geldiğini göstermektedir. Küçük delik nedeniyle net kesit kaybının sınırlı kalması, burkulma davranışının doğrudan delik çevresine yoğunlaşmasından ziyade daha geniş bir cidar alanına yayılmasına neden olmuştur. Bu nedenle D = 2.5 mm modeli, yüksek deformasyon genliği ile karakterize edilen daha yaygın bir yerel burkulma modu sergilemektedir.

Şekil 3**b)**'de delik çapının 5.0 mm'ye çıkarılmasıyla maksimum toplam deformasyon 6.7015 mm, minimum deformasyon ise yaklaşık 0.791 mm olarak elde edilmiştir. Maksimum deformasyon D = 2.5 mm modeline göre yaklaşık %18.9 azalmıştır. Bununla birlikte burkulma şekli önemli ölçüde değişmiş; profil cidarında belirgin bir asimetrik eğilme ve lokal dışa doğru kabarma meydana gelmiştir. Şekilde özellikle orta bölgeden başlayarak üst kısma doğru ilerleyen yüksek eğrilikli deformasyon bandı, burkulmanın cidarın belirli bir bölgesinde yoğunlaştığını göstermektedir. Dolayısıyla 5 mm açıklık, deformasyon genliğini azaltmasına rağmen burkulma modunu daha lokalize ve asimetrik bir karaktere dönüştürmüştür. Bu durum, açıklığın oluşturduğu geometrik süreksizliğin cidar rijitliği ve yerel gerilme dağılımı üzerindeki etkisinin arttığını göstermektedir.

Şekil 3**c)**'de 7.5 mm delik çapına sahip modelde maksimum toplam deformasyonun 2.6602 mm, minimum değerin ise yaklaşık 0 mm olduğu belirlenmiştir. Bu değer, incelenen üç model içerisindeki en düşük maksimum toplam deformasyondur. D = 2.5 mm modeline kıyasla maksimum deformasyonda yaklaşık %67.8, D = 5 mm modeline kıyasla ise yaklaşık %60.3 azalma söz konusudur. Ancak deformasyon dağılımının özellikle dairesel açıklığın çevresinde yoğunlaştığı açıkça görülmektedir. Büyük delik, cidarın etkin net kesitini ve açıklık çevresindeki lokal rijitliği azaltarak burkulma modunun geniş bir yüzeye yayılmasından ziyade açıklık çevresinde lokalize olmasına neden olmuştur. Özellikle deliğin çevresindeki mavi–yeşil

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

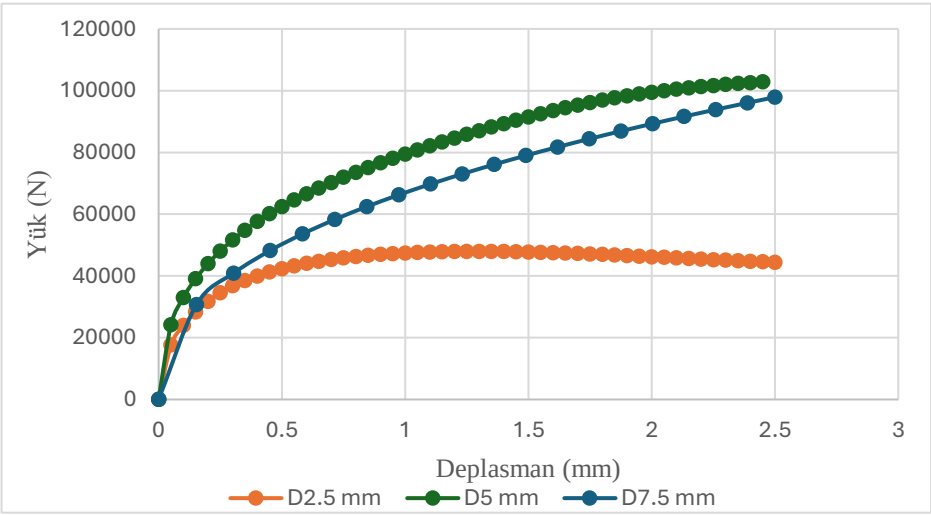
deformasyon bölgesi, geometrik süreksizliğin yerel burkulma şeklinin oluşumunda belirleyici hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 3. Doğrusal olmayan burkulma ve deformasyon

Şekil 4'te verilen yük–deplasman eğrileri, delik çapının profilin eksenel basınç altındaki taşıma ve deformasyon davranışı üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir. **D = 5 mm** numunesi yaklaşık **103 kN** ile en yüksek yük kapasitesine ulaşırken, **D = 7.5 mm** numunesinde 2.5 mm deplasman civarında yaklaşık **97 kN** yük elde edilmiştir. Buna karşılık **D = 2.5 mm** numunesinin yükü yaklaşık **47–48 kN** seviyesinde maksimuma ulaştıktan sonra artan deplasmanla birlikte kademeli olarak yaklaşık **44 kN** seviyesine gerilemiştir. Bu davranış, D = 2.5 mm modelinde maksimum yük sonrasında **rijitlik ve taşıma kapasitesi kaybının**, dolayısıyla burkulma sonrası yumuşamanın daha belirgin olduğunu göstermektedir. D = 5 ve 7.5 mm modellerinde ise incelenen deplasman aralığında belirgin bir yük düşüşü oluşmaması, bu modellerin basınç yükü altında daha kararlı bir yük taşıma davranışı sergilediğine işaret etmektedir.

Önceki burkulma şekilleriyle birlikte değerlendirildiğinde özellikle **D=5 mm,** yüksek taşıma kapasitesi ile deformasyon davranışı arasında en avantajlı sonucu vermiş görünmektedir. Bununla birlikte bu sonuç, **delik çapı arttıkça kapasitenin düzenli olarak arttığı** şeklinde yorumlanmamalıdır; D=5 mm'den D=7.5 mm'ye geçişte kapasitenin azalması, delik çapı etkisinin **doğrusal olmadığını ve optimum bir açıklık oranının bulunabileceğini** göstermektedir.



Şekil 4. Yük-Deplasman grafiği

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 3. Sonuçlar

Bu çalışmada, tek yüzünde merkezî dairesel delik bulunan ince cidarlı paslanmaz çelik kutu profillerin eksenel basınç altındaki doğrusal olmayan davranışı ANSYS Workbench ortamında sayısal olarak incelenmiştir. Doğrusal statik, özdeğer burkulma ve doğrusal olmayan statik analizlerin ardışık olarak kullanılmasıyla, dairesel açıklığın profilin deformasyon biçimi, yerel burkulma davranışı ve yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Delik çapının değişmesi yalnızca deformasyon büyüklüğünü değil, yerel burkulmanın biçimini ve konumunu da önemli ölçüde değiştirmiştir. D=2.5 mm modelinde burkulma geniş cidar yüzeyine yayılan bir deformasyon şeklinde gelişirken, delik çapının artmasıyla deformasyon giderek açıklık çevresinde yoğunlaşmıştır. Bu sonuç, tek yüzlü dairesel açıklığın oluşturduğu geometrik süreksizliğin yerel stabilite davranışında belirleyici olduğunu göstermektedir.
- D=2.5 mm modelinde 8.26 mm ile incelenen modeller arasındaki en yüksek maksimum toplam deformasyon elde edilmiştir. D=5 mm'de bu değer 6.70 mm'ye düşmüş ve D=2.5 mm modeline göre yaklaşık %18.9 azalmıştır. D=7.5 mm modelinde ise maksimum toplam deformasyon 2.66 mm olarak belirlenmiş; böylece D=2.5 ve D=5 mm modellerine göre sırasıyla yaklaşık %67.8 ve %60.3 oranında azalma meydana gelmiştir. Bununla birlikte, deformasyon büyüklüğündeki azalma daha yüksek burkulma güvenliği şeklinde doğrudan yorumlanmamalıdır; çünkü büyük açıklıkta deformasyon delik çevresindeki daha sınırlı bir bölgede yoğunlaşmıştır.
- Delik çapının artmasıyla burkulma modu yaygın cidar burkulmasından lokalize ve asimetrik burkulmaya doğru dönüşmüştür. Özellikle D=5 mm modelinde cidarın orta bölgesinden üst bölgesine ilerleyen yüksek eğrilikli deformasyon bandı ve asimetrik dışa kabarma meydana gelmiştir. D=7.5 mm modelinde ise açıklığın net kesit ve yerel cidar rijitliği üzerindeki etkisinin artması sonucunda deformasyon doğrudan delik çevresinde yoğunlaşmıştır.
- Yük–deplasman sonuçları incelendiğinde, D=5 mm modeli yaklaşık 103 kN ile en yüksek taşıma kapasitesine ulaşmıştır. D=7.5 mm modelinde yaklaşık 97 kN, D=2.5 mm modelinde ise yalnızca 47–48 kN maksimum yük elde edilmiştir. Dolayısıyla incelenen geometrik koşullar altında orta büyüklükteki açıklığın en yüksek yük taşıma performansını verdiği belirlenmiştir.
- D=2.5 mm modelinde maksimum yükün ardından yük yaklaşık 47–48 kN'dan 44 kN seviyesine gerilemiş, böylece belirgin bir burkulma sonrası yumuşama davranışı ortaya çıkmıştır. Buna karşılık D=5 ve D=7.5 mm modellerinde incelenen deplasman aralığında belirgin bir yük kaybının meydana gelmemesi, bu modellerin eksenel basınç altında daha kararlı bir yük–deplasman davranışı sergilediğini göstermektedir.
- Elde edilen sonuçların en önemli bulgularından biri, delik çapı ile taşıma kapasitesi arasında monoton veya doğrusal bir ilişkinin bulunmamasıdır. D=2.5 mm'den D=5 mm'ye geçildiğinde maksimum yük önemli ölçüde artarken, delik çapının D=7.5 mm'ye çıkarılması taşıma kapasitesini yeniden azaltmıştır. Bu nedenle açıklık etkisinin yalnızca net kesit alanındaki azalma üzerinden değerlendirilmesi yeterli değildir; delik çevresindeki yerel rijitlik, gerilme dağılımı ve oluşan burkulma modunun birlikte dikkate alınması gerekmektedir.
- İncelenen üç model birlikte değerlendirildiğinde D=5 mm açıklığa sahip profil, yaklaşık 103 kN'luk maksimum taşıma kapasitesi ve D=2.5 mm modeline göre daha düşük

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

deformasyonuyla en avantajlı davranışı göstermiştir. Bununla birlikte bu bulgu, tüm delikli kutu profiller için 5 mm'nin optimum olduğu şeklinde genelleştirilmemelidir.

Genel olarak, çalışma tek yüzlü dairesel açıklığın ince cidarlı paslanmaz çelik kutu profillerde basit bir kesit kaybından daha karmaşık bir stabilite problemi oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Açıklık boyutunun değişmesi; cidarın yerel rijitliğini, burkulmanın konumunu ve biçimini, deformasyon kapasitesini ve maksimum eksenel yükü birlikte değiştirmektedir. Özellikle D=5 mm modelinin yüksek taşıma kapasitesi ile görece kararlı deformasyon davranışını birlikte sağlaması, uygun açıklık oranının seçilmesiyle delikli ince cidarlı profillerde yapısal performansın daha fazla boyut, ve kalınlık parametresi ile çalışılarak optimize edilebileceğine işaret etmektedir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, Kayseri Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen FAD-2025-1235 numaralı ve "Delik Açılmış Paslanmaz Çelik Kutu Profillerin Sonlu Elemanlar Metodu ile Burkulma Analizi" başlıklı Akademik Performans Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya sağladıkları bilimsel ve kurumsal desteklerinden dolayı Kayseri Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

## Kaynakça

1. Jindra, D., Z. Kala, and J. Kala, *Validation of stainless-steel CHS columns finite element models.* Materials, 2021. **14**(7): p. 1785.
2. Singh, T.G. and T.-M. Chan, *Effect of access openings on the buckling performance of square hollow section module stub columns.* Journal of Constructional Steel Research, 2021. **177**: p. 106438.
3. Anbarasu, M., et al., *Cold-formed ferritic stainless steel perforated tubular stub columns: Behaviour and design.* Thin-Walled Structures, 2022. **170**: p. 108654.
4. Vanlalnunzira, J.T.C., L. Khiangte, and R. Lalthazuala, *Axial compression behavior and design of perforated high-strength steel square hollow section stub columns.* Scientific Reports, 2026.
5. Szafran, J., P. Świątkiewicz, and P. Kaszubska, *On Numerical and Analytical Investigation of the Effectiveness of Strengthening of Steel Columns—Case Study.* Materials, 2025. **18**(24): p. 5667.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ENDÜSTRİ 1.0'DAN İNŞAAT 5.0'A: DİJİTALLEŞME, SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE İNSAN MERKEZLİ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDE İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNİN EVRİMİ

**Ali İhsan ÇELİK[a]**

*[a]İnşaat Bölümü, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu Meslek Yüksekokulu, Kayseri Üniversitesi, Kayseri, 38940, Türkiye*

## Özet

Sanayi devrimleri, üretim teknolojilerindeki gelişmelerin yanı sıra toplumların ekonomik, sosyal ve teknolojik yapısını köklü biçimde değiştiren dönüşüm süreçleridir. Bu dönüşümden en fazla etkilenen sektörlerden biride inşaat sektörüdür. Endüstri 1.0'dan günümüze kadar kullanılan yapı malzemeleri, tasarım yöntemleri, üretim teknikleri ve proje yönetim anlayışı bakımından sürekli bir gelişim göstermiştir. Özellikle Endüstri 4.0 ile birlikte Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), büyük veri, nesnelerin interneti (IoT), dijital ikiz ve otonom sistemler inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise Endüstri 5.0 yaklaşımı, yalnızca teknolojik verimliliği değil; insan merkezli üretimi, çevresel sürdürülebilirliği ve sistem dayanıklılığını ön plana çıkaran yeni bir paradigma olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Endüstri 1.0'dan Endüstri 5.0'a kadar gerçekleşen teknolojik dönüşümler inşaat mühendisliği perspektifinden kapsamlı olarak incelenmiştir. Sanayi devrimlerinin inşaat sektörüne etkileri; kullanılan teknolojiler, üretim yaklaşımları, proje yönetimi, dijitalleşme, otomasyon, veri yönetimi, sürdürülebilirlik ve insan merkezlilik kriterleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan karşılaştırmalı tablolar ve kavramsal değerlendirme modeli ile Construction 5.0 yaklaşımının temel bileşenleri analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda, dijitalleşme ve otomasyon düzeyinin Endüstri 3.0 ve özellikle Endüstri 4.0 ile önemli ölçüde arttığı, Endüstri 5.0 döneminde ise teknolojik gelişmelerin insanı üretim sisteminin merkezine yeniden yerleştirerek yapay zekâ destekli karar mekanizmaları, insan-robot iş birliği ve sürdürülebilir üretim anlayışıyla bütünleştiği belirlenmiştir. Ayrıca, inşaat sektöründe dijital ikizler, üretken yapay zekâ, otonom iş makineleri ve döngüsel ekonomi uygulamalarının geleceğin akıllı ve dirençli yapı ekosistemlerinin temel bileşenleri olacağı değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Construction 5.0 yaklaşımının yalnızca teknolojik bir dönüşümü değil; aynı zamanda insan, teknoloji ve çevre arasındaki dengeyi esas alan bütüncül bir yönetim modeli sunduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 5.0, Construction 5.0, Dijital Dönüşüm, Yapay Zekâ, BIM, Sürdürülebilir İnşaat

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# From Industry 1.0 to Construction 5.0: The Evolution of Civil Engineering from the Perspective of Digitalization, Sustainability, and Human-Centric Transformation

## Abstract

Industrial revolutions are transformative processes that have fundamentally reshaped not only production technologies but also the economic, social, and technological structures of societies. Among the sectors most profoundly influenced by these transformations is the construction industry. Since Industry 1.0, construction materials, design methodologies, production techniques, and project management practices have continuously evolved. Particularly with the advent of Industry 4.0, technologies such as Building Information Modeling (BIM), Big Data, the Internet of Things (IoT), digital twins, and autonomous systems have become increasingly integrated into construction practices. More recently, Industry 5.0 has emerged as a new paradigm that emphasizes not only technological efficiency but also human-centric production, environmental sustainability, and system resilience. This study comprehensively investigates the technological evolution from Industry 1.0 to Industry 5.0 from the perspective of civil engineering. The impacts of industrial revolutions on the construction sector are comparatively evaluated in terms of technological advancements, production approaches, project management, digitalization, automation, data management, sustainability, and human-centricity. To this end, comparative tables and a conceptual assessment framework were developed to analyze the fundamental components of the Construction 5.0 paradigm.

The findings indicate that the levels of digitalization and automation increased significantly during Industry 3.0 and, more prominently, Industry 4.0. In the Industry 5.0 era, technological advancements are characterized by the reintegration of humans into the center of production systems through AI-assisted decision-making, human–robot collaboration, and sustainable production principles. Furthermore, digital twins, generative artificial intelligence, autonomous construction equipment, and circular economy practices are identified as key drivers of future intelligent and resilient construction ecosystems. Consequently, the Construction 5.0 paradigm represents not only a technological transformation but also a holistic management approach that seeks to establish a balanced relationship among humans, technology, and the environment.

**Keywords:** Industry 5.0, Construction 5.0, Digital Transformation, Artificial Intelligence, Building Information Modeling (BIM), Sustainable Construction, Human-Centric Production.

## 1. Giriş

İnşaat sektörü, dünya çapında en fazla kaynak tüketen ve en fazla emisyon üreten sektörlerden biridir. Mimarlık, mühendislik ve inşaat (MMİ) sektörü, küresel Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH)'nın yaklaşık %6'sını oluşturarak hem yerel hem de küresel ekonomiler için kritik bir rol oynamakta ve önümüzdeki yıllarda daha da büyümesi beklenmektedir[1]. Hatta McKinsey Global Institute (2017) raporunda, inşaatla ilgili harcamaların dünya GSYİH'sının %13'ünü oluşturduğunu, ancak sektörün yıllık verimliliğinin geçmişte yalnızca %1 arttığını yazıyor [2, 3]. Endüstri 4.0, dijital teknolojilerin üretim ve yönetim süreçlerine entegrasyonunu esas alarak,

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

inşaat sektöründe enerji tüketimini azaltan, kaynak kullanımını optimize eden ve atık miktarını minimize eden bir dönüşüm sürecini başlatmıştır. Bu yaklaşım kapsamında; Yapay Zekâ (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT), Büyük Veri Analitiği, Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling- BIM) ve 3B yazıcı teknolojileri gibi araçlar, yapıların tasarım, üretim ve işletme aşamalarında enerji verimliliği ve malzeme israfının azaltılmasına katkı sağlamaktadır [4, 5]. BIM, bina yaşam döngüsü boyunca bilgilerin entegrasyonunu ve yönetimini kolaylaştıran bir çözüm olarak ortaya çıktı [6] ve böylece sürdürülebilir tasarım ve performans analizi için mevcut tasarım verilerinden en iyi şekilde yararlanma fırsatı sağladı [7].

Diğer taraftan inşaat sektörü, küresel ölçekte dijital dönüşümü en yavaş benimseyen alanlardan biri olduğu ve sektördeki birçok paydaşın, köklü geleneklere dayanan değişim direncini sürdürmektedir [3]. Bu durum, dijitalleşme yetersizliğiyle birleştiğinde, proje yönetim süreçlerini karmaşık, verimsiz ve zaman alıcı bir hale getirmektedir[8]. İnşaat sektörü, karmaşık tedarik zincirleri, yüksek emisyon, iş güvenliği sorunları ve proje bazlı üretim doğası nedeniyle Endüstri 5.0 (I5.0) yaklaşımından önemli kazanımlar elde edebilir. 2011'de ortaya çıkan Endüstri 4.0, endüstriyel süreç ve hizmetleri geliştirmeye yönelik teknolojik yeniliklere odaklanmıştır[9]. Son on yılda Endüstri 4.0 çerçevesinde hızla ilerleyen dijitalleşme, BIM, IoT ve gerçek zamanlı veri izleme gibi teknolojileri beraberinde getirmiştir. Ancak, Avrupa Komisyonu tarafından 2023 yılında tanıtılan I5.0 adlı yeni paradigma, verimliliğin ötesine geçerek insan odaklı, sürdürülebilir ve dayanıklı üretim sistemlerine öncelik vermektedir. Mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) sektörü de bu yaklaşımı benimseyerek İnşaat 4.0 vizyonunu geliştirmiş ve proje yaşam döngüsü boyunca tüm paydaşların entegre olmasını sağlayan dijital araçlara yönelmiştir[10]. BIM, dijitalleşme, otomasyon, yapay zekâ, artırılmış/sanal gerçeklik, dijital ikiz, IoT ve blok zinciri gibi teknolojiler, inşaat yönetimi araştırmalarında giderek öne [1,8–10]. Bu araçlar, tasarım ve inşaat süreçlerinde fikri çıktılara erişimi kolaylaştırırken, kaynak verimliliği ve akıllı inşaat uygulamalarına katkı sağlamaktadır [1,8,10–13].

### 1.1. Çalışmanın amacı

Bu çalışmanın amacı, Endüstri 5.0 yaklaşımı çerçevesinde inşaat sektörünün mevcut durumunu değerlendirmek, dijitalleşme ve otomasyon süreçlerinden insan-merkezli ve sürdürülebilir üretim anlayışına geçişte ortaya çıkan dönüşümü analiz etmek ve geleceğe yönelik beklentileri ortaya koymaktır. Bu kapsamda, Endüstri 5.0'ın temel ilkeleri olan insan-robot iş birliği, çevresel sürdürülebilirlik, döngüsel ekonomi, yenilenebilir enerji kullanımı ve dayanıklılık kavramlarının inşaat sektörüne entegrasyonu incelenecektir. Ayrıca, dijital ikizler, yapay zekâ destekli karar sistemleri ve otonom inşaat teknolojileri gibi yenilikçi uygulamaların sektördeki karbon ayak izinin azaltılması, iş gücü verimliliğinin artırılması ve kaynak kullanımının optimize edilmesi üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirilecektir. Çalışma, inşaat sektörünün Endüstri 5.0 sürecine uyum kapasitesini belirlemeyi ve bu dönüşümün sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkısını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

## 2. Endüstri Devrimleri ve İnşaat Sektörü

Endüstri 1.0 (yaklaşık 1760-1840), buhar gücünün üretim süreçlerine entegre edilmesiyle mekanizasyonun başlaması olarak ifade edilmektedir. Endüstri 1.0 döneminde tarım ağırlıklı bir ekonomi olduğu için, imalat ve inşaat gibi sektörlerin Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH)

içindeki payı görece düşük kalmıştır. Tarımsal ve el emeğine dayalı üretim ekonominin büyük bölümünü oluşturduğundan, şehirleşme, altyapı projeleri ve büyük yapılaşma çok sınırlı kalmıştır. İnşaat, daha çok yerel konut, dini ve kamu yapıları şeklinde ve düşük teknolojilerle gerçekleştiriliyordu; bu nedenle ekonomik katkısı modernleşme sonrası dönemlerde olduğundan çok daha düşük kalmıştır[11]. Endüstri 2.0 dönemi, yani yaklaşık 1870-1914 arası elektrik enerjisinin yaygın kullanımıyla birlikte sanayileşmenin ışık enerjisi, demiryolu, çelik üretimi gibi yeniliklerle ivme kazandığı bir dönemde, şehirleşme ve kamu altyapısı inşaatları (köprüler, demiryolları, limanlar, kamu binaları) artmıştır [12]. Endüstri 3.0, genellikle "Dijital Devrim" olarak adlandırılır ve 20. yüzyılın ortalarından itibaren üretim süreçlerine elektronik, bilişim teknolojileri ve otomasyon sistemlerinin entegre edilmesiyle başlamıştır [13]. Endüstri 3.0 ile birlikte inşaat sektörü de kademeli olarak dijital dönüşüm sürecine girmiştir, ancak bu dönüşüm diğer endüstrilere göre daha yavaş gerçekleşmiştir. Bu dönemdeki Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) sistemlerinin 1980'lerden itibaren yaygınlaşmasıyla, mimarlık ve mühendislik projeleri daha hassas, hızlı ve hatasız bir şekilde tasarlanabilir hâle gelmiştir [14]. Proje yönetim yazılımları (MS Project, Primavera gibi) kullanılarak büyük ölçekli inşaat projelerinde zaman, maliyet ve kaynak planlaması dijital ortamda yürütülmeye başlandı. Prefabrikasyon ve modüler üretim teknikleri, özellikle 1980-2000 yılları arasında maliyet ve işçilik tasarrufu sağladı. Otomasyon tabanlı üretim sistemleri, özellikle betonarme eleman ve çelik yapı üretiminde kullanılmaya başlandı [15].

Endüstri 4.0, ilk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda Almanya tarafından ortaya atılan bir kavramdır[16]. Endüstri 4.0, siber-fiziksel sistemler, IoT, büyük veri ve yapay zekâ temelli teknolojilerin üretim süreçlerine entegre edilmesiyle yeni bir dönüşüm dalgasını temsil etmektedir [17-19]. Endüstri 4.0 ile birlikte inşaat sektörü, geleneksel yapım yöntemlerinden akıllı, veri odaklı ve entegre sistemlere geçiş sürecine girmiştir. Bu dönemde "Construction 4.0" veya "AEC 4.0" kavramları kullanılmaya başlanmıştır[4]. İnşaat sektöründeki başlıca dönüşümler, BIM ile yapıların tüm yaşam döngüsünü (tasarım, inşaat, bakım) dijital ortamda yönetmeye olanak sağlamıştır. Bu sistemde, tüm paydaşlar (mimar, mühendis, yüklenici, yatırımcı) aynı veri tabanı üzerinden çalışabilmektedir. 3B Yazıcı Teknolojileri sayesinde, beton ve geopolimer malzemelerle 3B baskılı yapıların üretimi mümkün olmuştur. İş gücü ve malzeme israfını azaltarak sürdürülebilir inşaat uygulamalarına katkı sağlanmıştır. Dronlar ve Lidar Tabanlı Tarama Sistemleri ile Şantiyelerde ölçüm, izleme ve denetim süreçleri hızlanmıştır. Yapay zekâ destekli proje yönetimi ile Risk analizi, planlama, bakım ve kaynak yönetimi süreçlerinde öngörüye dayalı karar alma olanağı sağlanmıştır. Akıllı malzemeler ve sensör teknolojileri ile Betonun dayanımı, sıcaklık, nem gibi parametrelerin gerçek zamanlı izlenmesiyle yapı sağlığı izleme (SHM) sistemleri geliştirilmiştir.

Endüstri 5.0 ise mevcut teknolojik altyapıyı korumakla birlikte, üretim süreçlerinin hedeflerini yeniden tanımlamaktadır. Bu vizyon, insan merkezliliği, refahın artırılmasını, çevresel sürdürülebilirliği ve sistemlerin dayanıklılığını ön plana çıkarmaktadır. Avrupa Komisyonu'nun tanımlarında Endüstri 5.0, toplumsal hedefleri üretim sistemlerinin merkezine yerleştiren bir paradigma olarak sunulmaktadır [20]. Buradan yola çıkarak, Endüstri 5.0 çağında İnşaat sektörünün yeri ve konumu detaylı bir şekilde irdelenecektir**.**

## 3. Endüstri 5.0 ve İnşaat

Endüstriyel dönüşümler, tarih boyunca teknolojik gelişmelerin ve toplumsal ihtiyaçların etkisiyle üretim süreçlerini olduğu kadar inşaat sektörünü de köklü biçimde şekillendirmiştir. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0), 18. yüzyılın sonlarında buhar gücü ve mekanik üretim sistemlerinin ortaya çıkışıyla başlamış, yaklaşık bir yüzyıl süren bu dönem boyunca demir ve

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

çelik üretimindeki ilerlemeler sayesinde köprü, demiryolu ve fabrika inşaatlarında önemli gelişmeler yaşanmıştır[21]. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0), elektrifikasyon ve seri üretim tekniklerinin benimsenmesiyle birlikte üretim kapasitesini artırmış; çelik, cam ve betonun yaygın kullanımı modern mimarinin temellerini atmıştır [15]. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) ise 20. yüzyılın ortalarında otomasyon, elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin inşaat süreçlerine entegrasyonu ile öne çıkmış; CAD tabanlı tasarım sistemleri ve dijital proje yönetimi uygulamaları sektöre verimlilik kazandırmıştır [14]. Dördüncü Sanayi Devrimi IoT, büyük veri, yapay zekâ ve siber-fiziksel sistemlerin bütünleşmesini temsil etmektedir [4, 16]. Günümüzde ise bu evrimin devamı niteliğinde olan Endüstri 5.0 dönemi, insan-merkezli, sürdürülebilir ve dayanıklı üretim anlayışını ön plana çıkarmaktadır [22]. Dikkat çekici biçimde, sanayi devrimleri arasındaki geçiş süreleri giderek kısalmaktadır: Endüstri 1.0'dan 2.0'a geçiş yaklaşık 100 yıl sürerken, 3.0'a geçiş 70 yıl, 4.0'a geçiş 40 yıl, 5.0'a geçiş ise yalnızca 12 yıl gibi bir zaman diliminde gerçekleşmiştir. Bu durum, teknolojik yeniliklerin ve bilgi akışının üstel hızda artmasıyla ilişkilendirilmektedir [23].

Tablo 1, sanayi devrimlerinin inşaat sektörü üzerindeki dönüşümsel etkisini özetlemektedir. Görüldüğü üzere her endüstriyel paradigma yalnızca üretim teknolojilerini değil, aynı zamanda yapı malzemelerini, tasarım yöntemlerini, proje yönetim anlayışını ve iş gücü organizasyonunu da değiştirmiştir. Endüstri 1.0 ve 2.0 dönemlerinde dönüşüm daha çok mekanizasyon ve yeni yapı malzemeleri üzerinden gerçekleşirken, Endüstri 3.0 ile dijital tasarım ve otomasyon ön plana çıkmıştır. Endüstri 4.0 veri odaklı ve akıllı üretim sistemlerini inşaat sektörüne kazandırmış; Endüstri 5.0 ise teknolojik gelişmeleri insan merkezli üretim, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ilkeleriyle bütünleştirerek Construction 5.0 yaklaşımının temelini oluşturmuştur [24].

**Tablo 1.** Sanayi devrimleri ve inşaat sektörü üzerindeki etkisi

| **Endüstri Dönemi** | **Temel Teknolojik Yenilik** | **İnşaat Sektöründeki Başlıca Yenilik** | **Sektöre Etkisi** |
|---|---|---|---|
| Endüstri 1.0 (1760–1840) | Buhar gücü, mekanizasyon | Demiryolları, taş ve dökme demir köprüler, mekanik ekipmanların ilk kullanımı | Büyük ölçekli altyapı projeleri başlamış, üretim kapasitesi artmıştır. |
| Endüstri 2.0 (1870–1914) | Elektrik enerjisi, seri üretim | Çelik ve betonarmenin yaygınlaşması, yüksek katlı yapılar, modern ulaşım altyapıları | Şehirleşme hızlanmış, inşaat projeleri daha büyük ve ekonomik hâle gelmiştir. |
| Endüstri 3.0 (1970–2010) | Elektronik, bilgisayar, otomasyon | CAD, CAM, proje yönetim yazılımları, prefabrikasyon | Tasarım doğruluğu artmış, maliyet ve zaman kontrolü iyileşmiştir. |
| Endüstri 4.0 (2011–2023) | IoT, Büyük Veri, BIM | Dijital ikiz, drone, 3B beton yazıcılar, sensör tabanlı yapı sağlığı izleme | Veri odaklı karar verme, akıllı şantiyeler ve dijital proje yönetimi gelişmiştir. |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Endüstri 5.0 (2023–Günümüz) | İnsan–robot iş birliği, üretken yapay zekâ, sürdürülebilirlik | Robotlar, üretken yapay zekâ destekli tasarım, otonom iş makineleri, döngüsel ekonomi uygulamaları | İnsan merkezli, çevreci, dayanıklı ve kişiselleştirilmiş inşaat anlayışı gelişm |

Endüstri 5.0, endüstri sürecinde verimliliği artırmak ve daha sürdürülebilir ve esnek bir çevreyi teşvik etmek için kaynakların optimize edilmesini ve insanların yaratıcı potansiyelleri ile en son teknolojiler arasındaki işbirliğini vurgular [24]. Buna göre, inşaat sektöründe yeni bir dönüşüm olan İnşaat 5.0, otomasyon ve robotik ile insan işbirliğine doğru bir paradigma kaymasına yol açmıştır [25]; inşaat uygulamalarında gelişmiş iletişim protokolleri ve gerçek zamanlı veri alışverişi yoluyla kesintisiz etkileşimleri teşvik etmek [26, 27]. İnşaat 5.0'ın temel değerleri, yapı söküm de dahil olmak üzere sürdürülebilir inşaat uygulamalarını teşvik eden bilinçli karar vermeyi sağlamak için insan uzmanlığı ile teknolojik yetenekler arasında optimal bir denge kurmaya dayanmaktadır. Şekil 1'de [28] daha önce geliştirilen endüstri devrimleri piramidi inşaat sektörü için özelleştirilerek geliştirilmiştir. Piramidin sol tarafı genel endüstriyel dönüşümleri gösterirken, sağ tarafı inşaat sektöründeki dönüşümleri göstermektedir.




Şekil 1. Endüstri devrimleri ve İnşaat sektörü piramidi

Tablo 2'de sunulan yıldızlı derecelendirme, sanayi devrimlerinin inşaat sektörüne etkilerini niceliksel bir ölçümden ziyade kavramsal ve karşılaştırmalı bir değerlendirme olarak göstermektedir. Bu kapsamda dijitalleşme, otomasyon, veri yönetimi, sürdürülebilirlik, insan merkezlilik ve inşaat teknolojilerindeki gelişim düzeyleri, her endüstriyel dönemin temel karakteristikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Endüstri 1.0 ve 2.0 dönemlerinde

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

mekanizasyon, buhar ve elektrik enerjisi ile seri üretim ön plana çıkarken, dijital teknolojiler ve veri odaklı yönetim henüz gelişmemiştir. Endüstri 3.0 ile birlikte CAD, otomasyon ve elektronik sistemlerin yaygınlaşması dijital dönüşümün başlangıcını oluşturmuştur. Endüstri 4.0 ise BIM, IoT, büyük veri analitiği ve dijital ikiz teknolojileri sayesinde dijitalleşme, otomasyon ve veri yönetimi açısından en önemli sıçramayı temsil etmektedir.

Endüstri 5.0 döneminde ise teknolojik gelişmeler yalnızca üretim verimliliğini artırmayı hedeflememekte; insan refahı, çevresel sürdürülebilirlik ve sistem dayanıklılığı üretim süreçlerinin temel bileşenleri hâline gelmektedir. Bu nedenle sürdürülebilirlik kriteri en yüksek düzeyde değerlendirilmiştir. Döngüsel ekonomi uygulamaları, karbon emisyonlarının azaltılması, enerji verimli yapılar, geri dönüştürülebilir ve düşük karbonlu yapı malzemeleri ile yaşam döngüsü temelli tasarım yaklaşımları, Construction 5.0 anlayışının temel unsurlarını oluşturmaktadır. Benzer şekilde veri yönetimi de yalnızca büyük miktarda verinin toplanmasını değil, gerçek zamanlı sensör verileri, dijital ikizler ve yapay zekâ destekli karar sistemleri aracılığıyla proje yaşam döngüsünün bütüncül olarak yönetilmesini ifade etmektedir.

Tabloda insan merkezliliğin Endüstri 5.0 döneminde beş yıldız ile gösterilmesi, insan emeğinin niceliksel olarak artacağı anlamına gelmemektedir. Aksine yapay zekâ, robotik sistemler ve otonom makineler tekrarlı ve standartlaştırılabilir görevlerde insan iş gücüne olan ihtiyacı azaltabilmektedir. Ancak Endüstri 5.0 yaklaşımı, insanı üretim sisteminin merkezine karar verici, denetleyici, yaratıcı ve etik sorumluluğu taşıyan temel aktör olarak yeniden konumlandırmaktadır. Dolayısıyla burada verilen yüksek değerlendirme, çalışan sayısını değil; insanın stratejik karar verme, mühendislik muhakemesi, güvenlik yönetimi, etik sorumluluk ve teknolojiyle iş birliği içerisindeki kritik rolünü temsil etmektedir. Özellikle inşaat sektörü gibi saha koşullarının sürekli değiştiği, çok sayıda paydaşın yer aldığı ve yüksek güvenlik riski taşıyan uygulamalarda yapay zekânın insanın yerini tamamen alması yerine, insan uzmanlığını destekleyen ve güçlendiren bir araç olarak kullanılması beklenmektedir. Bu nedenle Construction 5.0 yaklaşımının başarısı, yalnızca teknolojik gelişmelere değil; aynı zamanda insan odaklı tasarım, etik yönetişim, mesleki yetkinliklerin geliştirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir dijital dönüşümün sağlanmasına bağlıdır.

Sonuç olarak, Tablo 2'de verilen yıldız derecelendirmeleri, sanayi devrimlerinin teknolojik gelişim düzeyini değil; inşaat sektörünün dijitalleşme, sürdürülebilirlik, veri odaklı yönetim ve insan merkezli dönüşüm eksenindeki göreli olgunluk seviyelerini temsil eden kavramsal bir değerlendirme olarak yorumlanmalıdır.

**Tablo2.** Endüstrileşmedeki dönüşümlerin derecelendirilmesi

| **Dönem** | **Dijitalleşme** | **Otomasyon** | **İnsan Faktörü** | **Sürdürülebilirlik** | **Veri Kullanımı** |
|---|---|---|---|---|---|
| Endüstri 1.0 | ★☆☆☆☆ | ★☆☆☆☆ | ★★★★★ | ★☆☆☆☆ | ☆☆☆☆☆ |
| Endüstri 2.0 | ★☆☆☆☆ | ★★☆☆☆ | ★★★★☆ | ★☆☆☆☆ | ☆☆☆☆☆ |
| Endüstri 3.0 | ★★★☆☆ | ★★★☆☆ | ★★★☆☆ | ★★☆☆☆ | ★★☆☆☆ |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Endüstri 4.0 | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★☆☆☆ | ★★★☆☆ | ★★★★★ |
| Endüstri 5.0 | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ |

## 4. Sonuç

Bu çalışmada, Endüstri 1.0'dan Endüstri 5.0'a kadar gerçekleşen sanayi devrimleri, inşaat mühendisliği ve yapı üretim sistemleri üzerindeki etkileri açısından tarihsel ve teknolojik bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler, sanayi devrimlerinin yalnızca üretim teknolojilerini değil; yapı malzemelerini, tasarım süreçlerini, proje yönetimini, iş gücü organizasyonunu ve sürdürülebilirlik anlayışını da köklü biçimde değiştirdiğini göstermektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan karşılaştırmalı değerlendirme tabloları, bu dönüşümün inşaat sektöründeki gelişimini sistematik olarak ortaya koymuştur.

Endüstri 1.0 ve Endüstri 2.0 dönemlerinde mekanizasyon, buhar ve elektrik enerjisi ile seri üretim anlayışı ön plana çıkarken; Endüstri 3.0 ile bilgisayar destekli tasarım, otomasyon ve dijital proje yönetimi uygulamaları inşaat sektöründe yeni bir dönemin başlangıcını oluşturmuştur. Endüstri 4.0 ise BIM, yapay zekâ, IoT, büyük veri analitiği, dijital ikiz ve otonom sistemler sayesinde veri odaklı, akıllı ve entegre inşaat yönetiminin gelişmesine önemli katkılar sağlamıştır.

Çalışmada önerilen kavramsal değerlendirme modeli, dijitalleşme, otomasyon, veri yönetimi, sürdürülebilirlik, insan merkezlilik ve inşaat teknolojilerindeki gelişim düzeylerinin sanayi devrimleri boyunca sürekli arttığını göstermektedir. Bununla birlikte Endüstri 5.0'ın en önemli farkı, teknolojik ilerlemeyi tek başına bir hedef olarak görmek yerine insan refahı, çevresel sürdürülebilirlik ve sistem dayanıklılığı ile bütünleştirmesidir. Bu kapsamda sürdürülebilirlik yalnızca enerji verimliliği değil; döngüsel ekonomi, düşük karbonlu yapı malzemeleri, yaşam döngüsü analizi ve kaynak verimliliğini kapsayan bütüncül bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir.

Çalışmanın önemli sonuçlarından biri de insan faktörünün Endüstri 5.0 döneminde yeniden tanımlanmasıdır. Yapay zekâ ve otonom sistemler birçok rutin görevi üstlenmesine rağmen, insanın mühendislik muhakemesi, etik sorumluluk, yaratıcı problem çözme, güvenlik yönetimi ve stratejik karar verme süreçlerindeki rolü daha kritik hâle gelmektedir. Bu nedenle Construction 5.0 yaklaşımında insan merkezlilik, çalışan sayısının artmasını değil; insanın teknoloji ile iş birliği içerisinde karar verici ve sistemi yönlendiren temel aktör olarak yeniden konumlandırılmasını ifade etmektedir.

İnşaat sektörü açısından değerlendirildiğinde; BIM, dijital ikiz, üretken yapay zekâ, robotik sistemler, otonom iş makineleri ve gerçek zamanlı veri yönetimi geleceğin akıllı şantiyelerinin temel bileşenlerini oluşturacaktır. Ancak bu teknolojilerin başarılı şekilde uygulanabilmesi için etik yönetişim, veri güvenliği, nitelikli insan kaynağı, disiplinler arası iş birliği ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu dijital dönüşüm stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Sonuç olarak Construction 5.0, Endüstri 4.0'ın doğal bir devamı olmanın ötesinde; insan, teknoloji ve çevre arasındaki dengeyi esas alan yeni bir üretim paradigmasını temsil etmektedir. İnşaat sektörünün geleceği, yalnızca daha fazla otomasyon ve yapay zekâ kullanımına değil; bu teknolojilerin insan uzmanlığını destekleyen, çevresel etkileri azaltan ve toplumsal fayda üreten sürdürülebilir sistemler içerisinde kullanılmasına bağlı olacaktır. Bu doğrultuda Construction 5.0 yaklaşımı, geleceğin güvenli, dirençli, düşük karbonlu ve akıllı şehirlerinin oluşturulmasında temel yol haritalarından biri olarak değerlendirilmektedir.

## Önemli Bulgular:

- Sanayi devrimleri, yalnızca üretim teknolojilerini değil, aynı zamanda inşaat sektörünün tasarım, yapım, proje yönetimi ve sürdürülebilirlik uygulamalarını da dönüştürmüştür. Sanayi 1.0'dan Sanayi 5.0'a evrim, mekanizasyondan akıllı, birbirine bağlı ve insan merkezli inşaat sistemlerine doğru sürekli bir geçişi göstermektedir.
- En önemli teknolojik sıçrama, BIM, IoT, Büyük Veri, dijital ikizler, bulut bilişim ve robotik teknolojilerinin veri odaklı karar verme ve akıllı inşaat yönetimini mümkün kıldığı Sanayi 4.0 döneminde gerçekleşmiştir.
- Sanayi 5.0, teknolojik yeniliği insan refahı, çevresel sürdürülebilirlik ve sistem dayanıklılığı ile üretken yapay zeka entegre ederek Sanayi 4.0'ın verimlilik odaklı vizyonunun ötesine geçmektedir. Buna göre, teknolojik ilerleme artık inşaat projelerinin tek amacı olarak kabul edilmemektedir.
- Bu çalışmada sunulan karşılaştırmalı değerlendirme, dijitalleşme, otomasyon ve veri yönetiminin tüm sanayi devrimleri boyunca giderek arttığını, sürdürülebilirlik ve insan merkezliliğin ise Sanayi 5.0'ı önceki sanayi paradigmalarından ayıran belirleyici özellikler haline geldiğini göstermektedir.
- Endüstri 5.0'da insan faktörüne verilen yüksek puan, manuel iş gücünde bir artış anlamına gelmez. Bunun yerine, yapay zeka destekli inşaat sistemlerinde mühendislerin stratejik karar alma, yaratıcılık, etik sorumluluk, güvenlik yönetimi ve insan gözetiminin artan önemini yansıtır.
- İnşaat 5.0, tamamen otonom bir inşaat modeli yerine, işbirlikçi bir insan-yapay zeka çerçevesi olarak yorumlanmalıdır. Yapay zekanın, insan profesyonellerin yerini tamamen almak yerine, karar alma süreçlerini destekleyerek, inşaat süreçlerini optimize ederek ve tekrarlayan görevleri azaltarak mühendislik uzmanlığını artırması beklenmektedir.
- Sürdürülebilirlik, modern inşaatın başlıca itici güçlerinden biri haline gelmiş olup, yalnızca enerji verimliliğini değil, aynı zamanda düşük karbonlu inşaat malzemelerini, döngüsel ekonomi prensiplerini, yaşam döngüsü değerlendirmesini, kaynak verimliliğini ve dayanıklı altyapı gelişimini de kapsamaktadır.
- Üretken yapay zeka, dijital ikizler, otonom inşaat ekipmanları, robotik ve gerçek zamanlı izleme sistemleri gibi gelişmekte olan teknolojilerin, gelecekteki İnşaat 5.0 ekosistemlerinin temel bileşenleri olması beklenmektedir.
- Önerilen kavramsal karşılaştırma modeli, farklı endüstriyel devrimler boyunca inşaat teknolojilerinin evrimini değerlendirmek için sistematik bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeve, İnşaat 5.0 ve akıllı inşaat sistemlerini araştıran gelecekteki akademik çalışmalar için de bir referans görevi görebilir.
- İnşaat 5.0'ın başarılı bir şekilde uygulanması yalnızca teknolojik yeniliğe değil, aynı zamanda etik yönetişime, siber güvenliğe, iş gücünün yeniden tanımlanabilmesini, disiplinler arası iş birliğine ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu politikalara da bağlıdır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## Yazma Sürecinde Üretken Yapay Zeka ve Yapay Zeka Destekli Teknolojilerin Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında yazar, okunabilirlik, dil bilgisi, yazım ve metnin üslubu gibi yazımın birçok önemli yönünü iyileştirmek için Chat GPT kullanmıştır. Bu aracı kullandıktan sonra yazar, içeriği gerektiği gibi gözden geçirip düzenlemiş ve yayının içeriğinin tüm sorumluluğunu üstlenmiştir.

## KAYNAKÇA

1. Abioye, S.O., et al., *Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges.* Journal of Building Engineering, 2021. **44**: p. 103299.
2. Barbosa, F., J. Woetzel, and J. Mischke, *Reinventing construction: A route of higher productivity*. 2017, McKinsey Global Institute.
3. Young, D., K. Panthi, and O. Noor, *Challenges involved in adopting BIM on the construction jobsite.* EPiC Series in Built Environment, 2021. **2**(3): p. 302-310.
4. Oesterreich, T.D. and F. Teuteberg, *Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry.* Computers in industry, 2016. **83**: p. 121-139.
5. Lu, Y., et al., *Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions.* Automation in Construction, 2017. **83**: p. 134-148.
6. Wong, J.K.W. and J. Zhou, *Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review.* Automation in construction, 2015. **57**: p. 156-165.
7. Azhar, S., *Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry.* Leadership and management in engineering, 2011. **11**(3): p. 241-252.
8. Delgado, J.M.D. and L. Oyedele, *Digital Twins for the built environment: learning from conceptual and process models in manufacturing.* Advanced Engineering Informatics, 2021. **49**: p. 101332.
9. Caputo, A., et al., *Digitalization and business models: Where are we going? A science map of the field.* Journal of Business Research, 2021. **123**: p. 489-501.
10. Ikudayisi, A.E., et al., *Integrated practices in the Architecture, Engineering, and Construction industry: Current scope and pathway towards Industry 5.0.* Journal of Building Engineering, 2023. **73**: p. 106788.
11. Adams, D.R., *Residential Construction Industry in the Early Nineteenth Century.* The Journal of Economic History, 1975. **35**(4): p. 794-816.
12. Ofori, G., *The construction industries of developing countries: the applicability of existing theories and strategies for their improvement and lessons for the future; the case of Ghana.* 1980.
13. Kiehne, J. and M. Olaru. *Implementing Industrie 4.0 strategies: beyond technical innovations*.
14. Khemlani, L., *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction: Charles M. Eastman, 1999, CRC Press*. 2002, Elsevier.
15. Gann, D., *Building innovation: complex constructs in a changing world*. 2000: Thomas Telford.
16. Kagermann, H. and W. Wahlster, *Ten years of Industrie 4.0.* Sci, 2022. **4**(3): p. 26.
17. Sharma, A. and B.J. Singh, *Evolution of industrial revolutions: A review.* International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2020. **9**(11): p. 66-73.
18. Prisecaru, P., *Challenges of the fourth industrial revolution.* Knowledge Horizons. Economics, 2016. **8**(1): p. 57.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

19. 1870, S.I.R.G.i. *A Brief History of the Industrial Revolution and Its Impact on Modern Business*. 2025; Available from: https://upkeep.com/learning/four-industrial-revolutions/?utm_source=chatgpt.com.
20. Kumar, S., G. Tiwari, and N. Tiwari, *Evolving Industries: A Journey from Industry 1.0 to 5.0*, in *Artificial Intelligence and Communication Techniques in Industry 5.0*. CRC Press. p. 73-86.
21. Mokyr, J., *The second industrial revolution, 1870-1914.* Storia dell'economia Mondiale, 1998.
22. Breque, M., L. De Nul, and A. Petridis, *Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. 2021, Directorate General for Research and Innovation (DG RTD) of the European ….
23. Akhavan, M., et al., *Impact of Industry 5.0 on the construction industry (Construction 5.0): Systematic literature review and bibliometric analysis.* Buildings, 2025. **15**(9): p. 1491.
24. Piccarozzi, M., et al., *Roadmap to Industry 5.0: Enabling technologies, challenges, and opportunities towards a holistic definition in management studies.* Technological Forecasting and Social Change, 2024. **205**: p. 123467.
25. Kumar, U., et al., *A systematic review of Industry 5.0 from main aspects to the execution status.* The TQM Journal, 2024. **36**(6): p. 1526-1549.
26. Garcés, G., *Human-robot synergy in building construction: advances, challenges, and future horizons for construction 5.0.* Discover Civil Engineering, 2025. **2**(1): p. 135.
27. Sariay, E., *İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BIM İLE DİJİTAL İKİZLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.* 2024.
28. Kılıç, R., *Sanayi devrimlerinin serüveni: endüstri 1.0'dan endüstri 5.0'a.* Takvim-i Vekayi, 2023. **11**(2): p. 276-291.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SÜRŞARJ YÜKLERİ ALTINDA DAYANMA DUVARI DAVRANIŞININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

**Dr. Öğr. Üyesi Yesim TUSKAN**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi/Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/İnşaat Mühendisliği Bölümü,

yesim.tuskan@cbu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-7090-2235

## ÖZET

Yoğun yapılaşmanın bulunduğu kentsel alanlarda gerçekleştirilen derin kazılar, zemin hareketlerini sınırlandırmak amacıyla genellikle payandalı kademeli kazı yöntemleriyle uygulanmaktadır. Çevredeki yapıların varlığı ve karmaşık hidrojeolojik koşullar, kazı güvenliğini önemli ölçüde etkilediğinden, zeminin içe doğru hareketini ve yeraltı suyu basınçlarını kontrol edebilecek rijit destek sistemlerinin kullanılması kritik bir gereklilik haline gelmektedir. Payandalı iksa sistemleri ve çelik tahkimatlar yüksek düzeyde stabilite sağlasa da bu sistemlerin tasarımı çeşitli mühendislik zorluklarını beraberinde getirmektedir. Özellikle kazının aşamalı ilerleyişinin planlanması, taşıyıcı elemanların uygun boyutlandırılması ve farklı yüzey yükü koşullarının tasarıma etkisinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Bu tür karmaşık geoteknik problemlerin analizinde, zemin-yapı etkileşimini, kazının aşamalı ilerlemesini ve her aşamada oluşan gerilme yeniden dağılımlarını ayrıntılı biçimde modelleyebilen Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) yaygın olarak kullanılmaktadır. FEM tabanlı analizler, destekli kazı sistemlerinin davranışını daha gerçekçi şekilde değerlendirmeye olanak sağlayarak tasarımın güvenilirliğini artırmaktadır. Bu çalışmada, sürşarj yük büyüklüğünün destekli kazı sisteminin davranışı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla kapsamlı parametrik analizler gerçekleştirilmiştir. İncelemeler, kazı kenarına göre 4 m uzaklıkta uygulanan ve 5 ile 10 kN/m² değerlerindeki düzgün yayılı yükler için yürütülmüştür. Analiz sonuçları, dış yük seviyesinin artmasıyla birlikte iksa sisteminde meydana gelen eğilme momentlerinin de belirgin şekilde arttığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Sonlu elemanlar yöntemi, Diyafram duvar, İksa sistemi, Kademeli kazı.

## 1. GİRİŞ

Modern kentleşme süreçleri, arsa değerlerinin artması ve yeraltı alanlarının etkin kullanımı zorunluluğu, kentsel dokunun merkezinde gerçekleştirilen derin kazıların sayısını her geçen gün artırmaktadır (Osokin ve diğ. 2023). Yoğun yapılaşmanın, mevcut altyapı ağlarının ve bitişik nizam yapıların bulunduğu bu alanlarda yürütülen derin kazılar; çevre yapılarının güvenliğini tehdit eden zemin hareketlerini sınırlandırmak, oturma ve göçme risklerini en aza indirmek amacıyla genellikle payandalı ve kademeli iksa sistemleriyle teşkil edilmektedir. Ancak kentsel alanların kendine has karmaşık hidrojeolojik koşulları, düzensiz zemin profilleri ve yapılaşmış yakın çevre, kazı güvenliğini doğrudan etkileyen en kritik parametrelerin başında

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

gelmektedir. Bu durum, kazı çukurunun stabilitesini korumak, zeminin içe doğru yanal hareketlerini tolere etmek ve yeraltı suyu basınçlarını güvenli bir seviyede tutmak adına yüksek rijitliğe sahip destek sistemlerinin tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Payandalı iksa sistemleri ve çelik tahkimatlar teorik olarak yüksek düzeyde stabilite sağlasa da, bu sistemlerin saha koşullarına uyarlanması ve projelendirilmesi önemli mühendislik zorluklarını beraberinde getirmektedir (Hashash ve Whittle 1996). Özellikle kazının kademeli olarak ilerletilmesi, her aşamada taşıyıcı elemanların uygun boyutlandırılması, geçici ve kalıcı durumlar için emniyet katsayılarının sağlanması ve çevresel yüzey yüklerinin (sürşarj yükleri) tasarıma etkisi titizlikle ele alınmalıdır (Yang ve diğ. 2025).

Klasik limit denge yöntemleri veya ampirik yaklaşımlar, bu tür karmaşık zemin-yapı etkileşimlerini ve ardışık kazı adımlarını tam anlamıyla temsil etmekte yetersiz kalabilmektedir (Wang 2022). Bu noktada, zemin-yapı etkileşimini, kazının zamana ve aşamaya bağlı ilerlemesini, plastik deformasyonları ve her kazı kademesinde meydana gelen gerilme yeniden dağılımlarını gerçeğe yakın şekilde modelleyebilen Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) mühendislik uygulamalarında yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. FEM tabanlı sayısal analizler, destekli kazı sistemlerinin hem deformasyon davranışını hem de iç kuvvet dağılımlarını bütüncül bir perspektifle değerlendirme olanağı sunarak tasarımın güvenilirliğini artırmaktadır (Clough ve Tsui 1977).

Bu çalışmanın temel motivasyonu, kentsel alanlardaki derin kazı tasarımlarında karşılaşılan ve iksa sisteminin performansını doğrudan etkileyen yüzey yüklerinin mekanik etkilerini incelemektir. Bu kapsamda, sürşarj yük büyüklüğünün destekli kazı sisteminin davranışı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla iki boyutlu kapsamlı parametrik analizler gerçekleştirilmiştir. İncelemeler, kazı kenarına göre 4 m uzaklıkta uygulanan ve 5 ile 10 kN/m² değerlerindeki düzgün yayılı yük senaryoları için yürütülmüştür. Elde edilen sayısal bulgular, dış yük seviyesinin artmasıyla birlikte iksa sisteminde meydana gelen yatay deplasmanların ve eğilme momentlerinin de belirgin şekilde arttığını ortaya koymuştur. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, farklı sürşarj koşullarının sistem performansı üzerindeki yansımaları detaylı olarak ele alınmış ve elde edilen sonuçlar mühendislik tasarım pratikleri bağlamında tartışılmıştır.

## 2. DİYAFRAM DUVAR SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

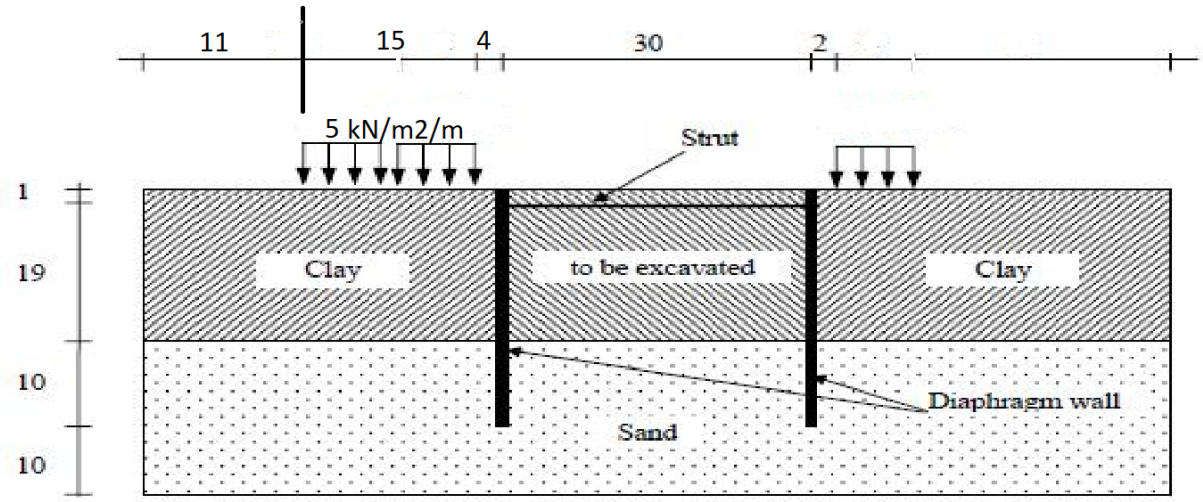
### 2.1. Kazıya 4 m Uzaklıkta ve 5 kN/m² Yük Uygulaması

Bu çalışmada, özellikle çok katmanlı zeminlerde yapılan derin kazıların ve iksa sistemlerinin davranışını incelemek üzere tasarlanmış tipik bir geoteknik model ele alınmıştır. Zemin profili, yüzeyden itibaren toplam 19 metre kalınlığa sahip bir kil tabakası ile bunun altında yer alan ve her biri 10 metrelik iki katmandan oluşan 20 metre kalınlığındaki kum tabakalarından meydana gelmektedir. Bu jeolojik yapı, özellikle zemin parametrelerinin derinlikle nasıl değiştiğini ve tabaka geçişlerindeki gerilme yığılmalarını görmek için mükemmel bir zemin hazırlamaktadır.

Kesitin tam ortasında, iki diyafram duvar arasında bırakılan 30 metrelik alan kazı bölgesini temsil ederken; bu duvarlar üst kili tamamen geçip altındaki kum tabakasına gömülerek sisteme hem yatay hem de düşeyde ciddi bir tutunma gücü sağlamaktadır. Kazı sırasında duvarların içe doğru bükülmesini ve zemin oturmalarını önlemek adına üst kotlara bir destek elemanı yerleştirilmiştir. Sol üst kısımda ise sistemi zorlayan 5 kN/m²/m şiddetindeki düzgün yayılı şerit

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

yükü, şekildeki 11, 15 ve 4 metrelik yatay mesafelerle tam yerine oturtulmuştur. Bütün bu veriler bir araya geldiğinde, bu model bize killi zeminlerdeki derin kazılarda karşılaşılan taban kabarması ve yatay deplasman risklerini önceden öngörebilmek için son derece gerçekçi ve güvenilir bir analiz altyapısı sunmaktadır.

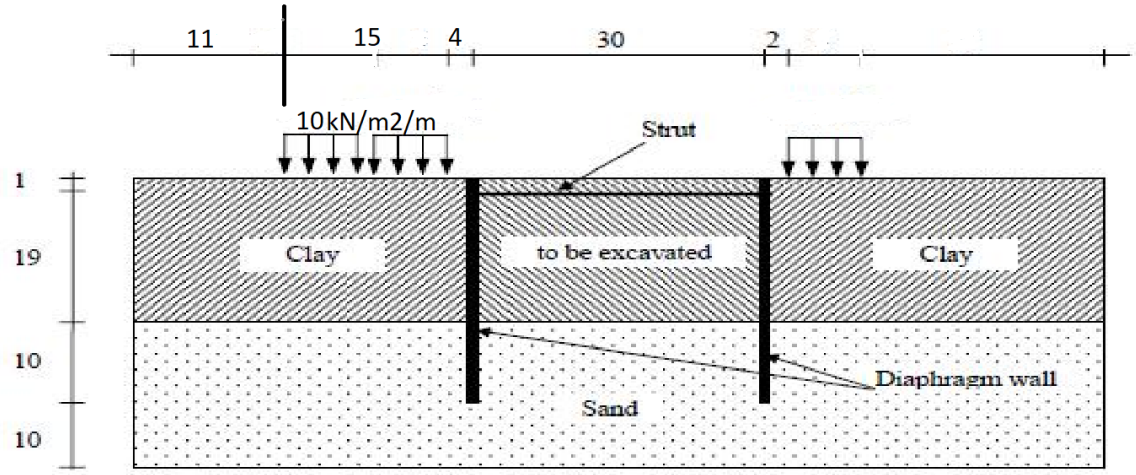



**Görsel 1. Diyafram Duvara 4 m Uzaklıkta ve 5 kN/m² Yük Uygulaması**

2.2. Kazıya 4 m Uzaklıkta ve 10 kN/m² Yük Uygulaması

Bu analiz modelinde ise, zemin-yapı etkileşimini daha yüksek dış etkiler altında gözlemlemek adına yüzey yükünün artırıldığı bir derin kazı kesiti ele alınmıştır. Stratigrafi yine benzer şekilde üstte 19 metre kalınlığında bir kil tabakası ve altta toplam 20 metreye ulaşan iki katmanlı kum formasyonundan oluşmaktadır. Ortada yer alan 30 metrelik kazı alanını çevreleyen diyafram duvarlar, kili geçerek kumun içine gömülmekte ve üst kotlarına yerleştirilen destek ile güvenli bir çerçeve oluşturmaktadır. Ancak bu kez sol üst kısımdaki düzgün yayılı şerit yük 10 kN/m²/m seviyesine çıkarılarak sisteme binen dış etki iki katına çıkarılmıştır; tabii ki 11, 15 ve 4 metrelik geometrik sınırlandırmalar bu artan yükün etkisini hassasiyetle hesaplamak için korunmuştur. Bu konfigürasyon, artan yüzey yüklerinin diyafram duvarlardaki moment artışına, yatay deplasmanlara ve destek kuvvetlerine etkisini kıyaslamak açısından harika bir senaryo sunuyor.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

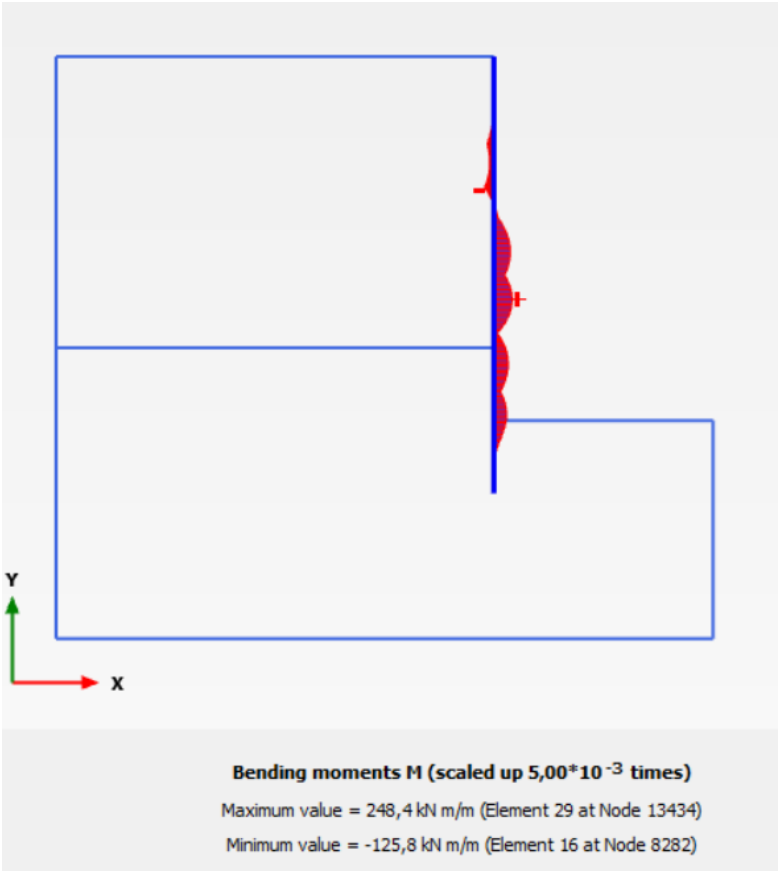



**Görsel 2. Diyafram Duvara 4 m Uzaklıkta ve 10 kN/m² Yük Uygulaması**

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan sayısal analiz sonucunda elde edilen eğilme momenti diyagramı, diyafram duvarın kazı süresince maruz kaldığı gerilme yığılmalarını ve kesit tesirlerinin dağılımını net bir şekilde gözler önüne sermektedir. Görseldeki diyagram incelendiğinde, duvar boyunca kırmızı ile gösterilen moment grafiklerinin özellikle destek seviyesinde ve kazı kotuna geçiş bölgelerinde tepe noktaları yaptığı açıkça görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre duvarın taşıdığı maksimum eğilme momenti 248,4 kNm/m (Element 29, Düğüm 13434) olarak gerçekleşirken, minimum moment değeri ise -125,8 kNm/m (Element 16, Düğüm 8282) seviyesinde ölçülmüştür. Bu değerler, zemin basınçlarının duvar üzerinde yarattığı ters büklümleri ve ankraj/destek elemanlarının moment aktarımındaki kritik rolünü doğrulamaktadır.

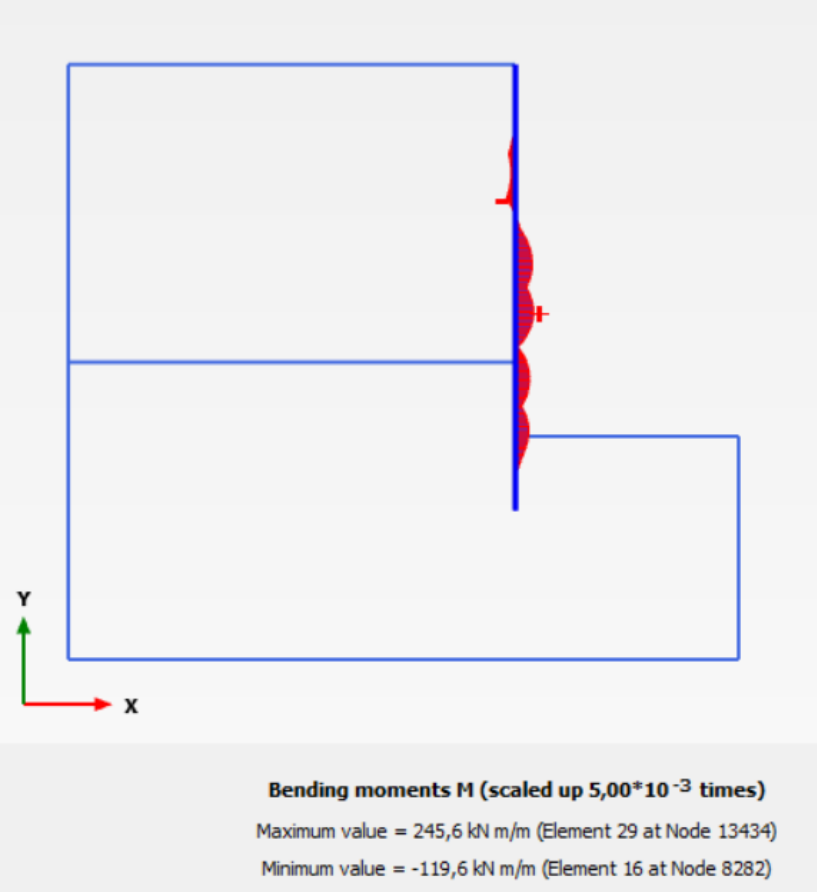
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 3. Diyafram Duvara ve Destek Sistemine Etkiyen Eğilme Momenti (5 kN/m² Yük Uygulaması)**

Yüzey yükünün artırıldığı ikinci senaryoya ait sayısal analiz sonuçları incelendiğinde, diyafram duvar üzerindeki eğilme momenti dağılımının dış etkideki artışa paralel olarak şekillendiği görülmektedir. Kırmızı renkli moment diyagramı yine destek seviyesinde ve kazı boyunca belirgin yığılmalar sergilerken, bu modeldeki maksimum eğilme momenti 245,6 kNm/m (Element 29, Düğüm 13434) ve minimum eğilme momenti ise -119,6 kNm/m (Element 16, Düğüm 8282) olarak kaydedilmiştir. Yük seviyesindeki değişimin duvar içindeki gerilme akışına ve kesit tesirlerinin uç değerlerine olan yansıması, bu iki analizin birbiriyle mukayese edilerek sistemin davranış sınırlarının anlaşılmasında kritik bir veri seti oluşturmaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 4. Diyafram Duvara ve Destek Sistemine Etkiyen Eğilme Momenti (10 kN/m² Yük Uygulaması)**

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Tüm bu senaryoları ve sayısal analiz sonuçlarını bir araya getirip genel bir değerlendirme yapmak gerekirse, hazırlanan bu geoteknik modeller derin kazı ve iksa sistemlerinin davranışını anlamak adına oldukça tutarlı ve bütüncül bir perspektif sunmaktadır. Kil ve kum katmanlarından oluşan zemin stratigrafisi üzerinde, farklı şerit yükü seviyelerinin diyafram duvarlar, destekler ve kesit tesirleri üzerindeki etkileri net bir şekilde ortaya konulmuştur. Sayısal analizlerden elde edilen eğilme momenti dağılımları ve uç değerler, dış yük değişimlerinin duvar davranışını nasıl şekillendirdiğini ve destek elemanlarının sistemi dengelemedeki hayati rolünü doğrulamaktadır. Sonuç olarak, bu mukayeseli modelleme yaklaşımı; mühendislerin derin kazı projelerinde emniyet katsayılarını optimize etmesi, olası deformasyonları öngörmesi ve yapısal eleman boyutlandırmalarını güvenle yapabilmesi için son derece güçlü ve güvenilir bir mühendislik altyapısı sağlamaktadır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## KAYNAKÇA

**1.** Osokin, A., Paramonov, M., Dyakonov, I., & Bashmakov, I. Determination of the Bending Moment in the Diaphragm Wall by Inclinometric Observations, E3S Web of Conferences, 371, 2023.

**2.** Yang, K., Jiang, M., Chi, M., & Feng, G. Numerical Analysis of Diaphragm Wall Deformation and Surface Settlement Caused by Dewatering and Excavation at Center and End Positions in a Subway Foundation Pit, Buildings, 15, 15, 2025.

**3.** Wang, J. Deformation Characteristics of a 40-m-Deep Excavation Supported by a Suspended Diaphragm Wall in Rock and Soil Composite Ground, KSCE Journal of Civil Engineering, 26, 2022.

**4.** Clough, G. W., & Tsui, Y. W. Performance of Retaining Structures for Deep Excavations in Foundation Engineering, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses and Earth Retaining Structures, 1977.

**5.** Hashash, Y. M. A., & Whittle, A. J. Ground Movement Prediction for Deep Excavations in Soft Clays, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 122, 6, 1996.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# QUANTIFYING PRIVACY LEAKAGE IN RESIDENTIAL FLOOR PLANS USING SEMANTIC ROOM GRAPHS

**Öğr. Gör. Dr. Osman GÜMÜŞ**
Van Yuzuncu Yil University, Computer Science Research and Application Center, Van, Türkiye,
osmangumus@yyu.edu.tr - ORCID: 0000-0002-8033-8321

**Mim. Esmer GÜMÜŞ**
Yildiz Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Istanbul, Türkiye,
esmer.gumus@std.yildiz.edu.tr - ORCID: 0000-0002-8536-2945

## Abstract

Residential privacy depends not only on room functions but also on how private spaces are positioned relative to entrances, circulation routes, and publicly accessible areas. This study investigates whether such privacy-related spatial exposure can be quantified from semantic room connectivity in residential floor plans. An interpretable graph-based Privacy Leakage Index (PLI) is proposed to measure the topological and functional exposure of Bedrooms through three components: entrance proximity, functional exposure along access paths, and immediate adjacency exposure. Semantic room-connectivity graphs were constructed from CubiCasa5K, and predefined eligibility and connectivity quality-control procedures resulted in a final analytical sample of 2,025 single-floor residential layouts.

The analysis reveals systematic relationships between PLI and broader characteristics of residential spatial organization. Higher leakage is associated with shorter average graph paths, greater graph density, stronger higher Bedroom centrality, and greater public-space representation, whereas lower leakage is associated with greater spatial separation and transition-space buffering. Predictive experiments further show that graph topology provides substantial information beyond basic architectural descriptors. A topology-only Random Forest achieved a held-out test Macro-F1 of 0.690, compared with 0.572 for basic architectural features, while their combination reached 0.704 with a Macro-AUC of 0.851. These findings demonstrate the potential of semantic room graphs for scalable and interpretable analysis of residential privacy-related spatial configuration. PLI is intended specifically as a measure of topological and functional privacy exposure, rather than a comprehensive measure of visual, acoustic, behavioral, or perceived privacy.

**Keywords:** residential privacy; privacy leakage; floor-plan analysis; semantic room graphs; spatial configuration; graph analysis

## 1. Introduction

Privacy is an important aspect of residential spatial organization because the arrangement and relationships of entrances, circulation spaces, shared areas, and private rooms affect how domestic spaces are accessed and exposed. In this context, privacy can be understood not only as a property of individual rooms but also as a configurational characteristic of the dwelling. Space-syntax research has related residential privacy to spatial properties such as depth, integration, connectivity, accessibility, and visibility. For example, Alitajer and Molavi

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Nojoumi (2016) showed that changes in access hierarchy and territorial differentiation were associated with privacy-related transformations in traditional and modern houses. More recently, Çetin and Beyhan (2025) examined visual privacy in residential buildings through spatial depth and visibility, while Moreira and Serdoura (2025) investigated privacy patterns in shared housing using visibility-based space-syntax measures.

Recent research has also begun to operationalize privacy-related spatial characteristics through explicit computational metrics. Akdağ (2026), for example, analyzed 17 designs from the Tokyo Toilet project using a three-layer framework integrating morphometric analysis, space syntax, and a composite privacy-gradient metric combining normalized spatial depth with visual enclosure (solidity). The study demonstrates that particular spatial dimensions of privacy can be investigated quantitatively, while also acknowledging that such metrics simplify a more complex phenomenon involving visual, acoustic, olfactory, psychological, material, and three-dimensional spatial dimensions. Accordingly, the present study does not seek to measure privacy in an overall experiential sense. Instead, it isolates a specific configurational dimension: the topological and functional exposure of private sleeping spaces to dwelling entrances and public circulation.

Large annotated floor-plan datasets provide an opportunity to investigate this form of spatial exposure at a substantially larger scale. CubiCasa5K contains 5,000 floor plans annotated into more than 80 floor-plan object categories using dense polygon-based annotations (Kalervo et al., 2019). In the present study, these semantic annotations are transformed into room-connectivity graphs, in which spaces constitute nodes and traversable spatial relationships constitute edges. This representation makes it possible to examine not only how far a Bedroom is from an entrance, but also the functional character of the spaces through which it is accessed.

This distinction is important because graph depth alone cannot fully represent functional exposure. For example, Entry → Hall → Bedroom and Entry → LivingRoom → Bedroom have the same topological depth but represent different relationships between private and non-private functions. To capture this distinction, this study proposes an interpretable Privacy Leakage Index (PLI) that combines three Bedroom-level mechanisms: entrance proximity, functional exposure along access paths, and immediate adjacency exposure. PLI is subsequently aggregated to the plan level to enable systematic comparison across residential layouts.

The study evaluates PLI on a quality-controlled analytical sample of 2,025 single-floor residential layouts derived from CubiCasa5K and addresses three research questions: (RQ1) Can privacy leakage in residential floor plans be computationally quantified using semantic room connectivity? (RQ2) Which spatial and topological characteristics are most strongly associated with high and low privacy leakage? (RQ3) Can privacy-leakage levels be predicted from architectural graph characteristics using conventional machine-learning models? In addition to introducing the metric, the study examines its architectural correlates, robustness to semantic uncertainty, and predictive consistency while excluding direct PLI components and variables closely related to the index construction from the predictive feature set.

The contribution of the study therefore lies not in claiming a new general concept of architectural privacy or privacy gradients, but in operationalizing Bedroom-centered privacy leakage through entrance proximity, semantic path exposure, and local adjacency within large-scale residential room-connectivity graphs. This provides an interpretable computational framework for examining a specific dimension of residential privacy-related spatial

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

configuration while preserving a clear distinction from visual, acoustic, behavioral, and perceived privacy.

## 2. Literature Review

Privacy in residential architecture can be examined in relation to the spatial organization of the dwelling rather than solely as an isolated property of individual rooms. Space-syntax analysis provides a means of examining how access hierarchy, spatial depth, integration, connectivity, visibility, and territorial differentiation relate to privacy conditions within dwellings. In a comparative analysis of traditional and modern houses in Hamedan, Alitajer and Molavi Nojoumi (2016) showed that changes in residential spatial configuration were associated with changing patterns of privacy and behavioral organization. Their study emphasized the importance of access hierarchy and spatial relationships in understanding how domestic privacy is structured within the home.

Al-Mohannadi and Furlan (2022) examined traditional Qatari houses using space syntax and related analytical techniques and found that privacy, gender segregation, and hospitality were important socio-cultural factors shaping domestic spatial organization. Their findings indicate that residential privacy is reflected in spatial configuration and in the way access between public and private domains is controlled through entrances, intermediate spaces, and patterns of connectivity. Research on Iranian dwellings has likewise demonstrated a relationship between spatial segregation and visual privacy. Khozaei Ravari et al. (2024) analyzed seven residential layouts in Kerman through Justified Plan Graph analysis and Visibility Graph Analysis and reported that reduced spatial integration and increased segregation were associated with greater visual privacy.

More recent studies have extended this configurational perspective by examining privacy through visual and accessibility-based spatial measures. Çetin and Beyhan (2025) investigated residential buildings in Isparta through space syntax and visual analysis, focusing specifically on how spatial organization influences visual privacy. Their study demonstrates that privacy-related characteristics can be examined through configurational relationships between entrances, circulation areas, and bedrooms, particularly through differences in depth, visibility, and accessibility. Moreira and Serdoura (2025) similarly analyzed three shared-housing developments in Barcelona using Visual Graph Analysis (VGA). Integration, through vision, control, and controllability were used to assess accessibility, visibility, and spatial separation within and between private and communal areas. Their findings showed that boundaries and transition spaces play an important role in managing privacy gradients, while highly exposed and controlled spaces tend to offer lower privacy potential. More recently, Jiang et al. (2026) integrated quantitative floor-plan analysis with evaluations conducted in traditional 2D and immersive virtual environments to investigate young adults' residential floor-plan preferences, including privacy-related spatial characteristics.

A recent computational approach has also combined individual space-syntax indicators with a composite privacy metric. Akdağ (2026), in a study of 17 designs from the Tokyo Toilet project, combined morphometric analysis, Justified Plan Graph measures, and a composite privacy-gradient metric based on configurational depth and geometric enclosure. The study showed that privacy-related performance can be examined through the combined effect of spatial sequence and enclosure rather than through a single spatial variable. Although the building type differs

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

from residential architecture, the study is relevant because it provides a recent example of an explicit and reproducible computational approach to privacy-related spatial performance.

In parallel with privacy-oriented architectural research, computational floor-plan studies have also employed semantic and graph-based representations. CubiCasa5K, introduced by Kalervo et al. (2019), contains 5,000 floor plans with dense polygon-based annotations covering more than 80 floor-plan object categories. The dataset was originally developed for automatic floor-plan image analysis and semantic parsing. In the present study, its detailed polygon-based annotations provide the semantic and geometric information from which room-level spatial relationships are computationally derived. Graph representations have also been used explicitly in computational floor-plan research. For example, Hu et al. (2020) represented floor plans as layout graphs in Graph2Plan, where rooms were encoded as graph nodes and adjacency/connectivity constraints were used to guide automated floor-plan generation. Their work demonstrates that graph structures can encode room adjacency and pairwise spatial relationships in a form suitable for computational processing.

Taken together, the literature establishes two important foundations. First, residential privacy has been repeatedly related to spatial depth, accessibility, visibility, segregation, and the organization of transitions between public and private domains. Second, semantic and graph-based floor-plan representations provide a scalable computational structure for describing room relationships. However, the studies reviewed here generally examine privacy through space-syntax or visibility measures on relatively limited architectural samples, while the large-scale computational floor-plan studies discussed above focus on semantic parsing and floor-plan generation rather than on interpretable privacy exposure. Based on the literature reviewed for this study, there remains scope for a large-scale analysis that explicitly operationalizes Bedroom-centered privacy leakage through entrance proximity, the functional character of access paths, and immediate spatial adjacency within semantic residential connectivity graphs. This gap motivates the present study without implying that privacy metrics, graph representations, or configurational privacy analysis are themselves new.

## 3. Methods

### 3.1. Dataset and Analytical Sample

This study used the CubiCasa5K floor-plan dataset (Kalervo et al., 2019) to develop and evaluate a graph-based measure of spatial privacy leakage in residential layouts. Rather than treating floor plans as raster images requiring semantic segmentation, the analysis exploited the semantic and geometric information encoded in the dataset's SVG annotations. Spaces were represented by their annotated room categories, while doors and relevant spatial relationships were extracted from the SVG structure to construct room-level connectivity graphs.

The original dataset contains 5,000 floor plans. The official training, validation, and test partitions were preserved throughout the study to prevent cross-split contamination and to maintain a fixed evaluation protocol. The dataset audit confirmed that all 5,000 SVG files could be parsed and that no floor plan occurred in more than one split.

Because the proposed metric concerns residential privacy between the dwelling entrance and private sleeping spaces, the analytical sample was restricted using a predefined inclusion rule. A layout was eligible if it (1) represented a single-floor configuration, (2) contained at least one

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

explicitly annotated Bedroom, and (3) contained an explicitly annotated Entry or Entry Lobby. This rule yielded an initial eligible sample of 2,285 layouts.

A second quality-control stage required the dwelling entrance to be identifiable from the structural SVG representation. An entrance source could be resolved for 2,207 layouts; 78 layouts without an identifiable external transition source were excluded. Connectivity was subsequently checked from the identified entrance-source set to every Bedroom in the layout. A further 182 layouts were excluded because at least one Bedroom was unreachable in the extracted connectivity graph. The final analytical sample therefore consisted of 2,025 layouts, corresponding to 88.62% of the predefined eligible sample.

The original dataset partitions were retained after filtering, resulting in 1,717 training, 166 validation, and 142 test layouts. Their sum exactly matched the final analytical sample, and the final plan-level dataset contained no duplicate plan identifiers.

Importantly, layouts were not excluded merely because they contained semantically ambiguous spaces such as Undefined, Room, or UserDefined. Such spaces were retained as graph nodes to preserve the observed connectivity structure but were assigned an unknown semantic status for privacy-related scoring, as described below.

### 3.2. Semantic Room-Connectivity Graph Construction

Each floor plan was transformed into an undirected semantic room-connectivity graph

$$G_p = (V_p, E_p)$$

where $V_p$denotes the set of annotated spaces in plan $p$, and $E_p$denotes spatial connections between those spaces.

Each node $v \in V_p$retained its original CubiCasa semantic room label and was subsequently mapped to a privacy-oriented functional category. Edges were derived primarily from door-mediated connectivity encoded in the SVG structure. This approach allowed the graph to represent traversable relationships between spaces rather than relying solely on geometric proximity.

A conservative open-passage heuristic was additionally used to recover plausible connections where two spaces appeared to share an open boundary but no explicit door object represented the connection. Because shared geometric boundaries may also correspond to walls, these inferred open-passage relationships were treated as heuristic rather than ground-truth connectivity. Consequently, these inferred relationships were distinguished from door-mediated connections explicitly encoded in the dataset.

As a quality check, the final connectivity graph was required to provide a path from the identified entrance-source set to every Bedroom used in PLI computation. Layouts failing this requirement were removed rather than assigning an arbitrary privacy score to unreachable Bedrooms.

The graph representation was deliberately restricted to topological and semantic connectivity. Metric distance, visibility, acoustic transmission, occupant behavior, and temporal patterns of space use were not inferred from the graph.

### 3.3. Privacy-Oriented Functional Taxonomy

The original semantic room labels were mapped to a predefined privacy taxonomy intended to distinguish circulation, public exposure, service functions, and private residential spaces. The taxonomy was used both for PLI computation and for subsequent architectural interpretation.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

The categories were defined as follows:

| Privacy-functional class | CubiCasa space labels used in the analysis |
|---|---|
| **Transition** | Entry, Entry Lobby, DraughtLobby, Hall, Hall Corridor |
| **Public** | LivingRoom, Dining, RecreationRoom, Library, Den Fireplace |
| **Semi-public / service** | Kitchen, Kitchen Open, Kitchen Kitchenette, Kitchen Scullery, Storage, Utility Laundry, TechnicalRoom, TechnicalRoom Boiler, Garage, CarPort |
| **Semi-private** | Office |
| **Private** | Bedroom, Bedroom Guest, Bath, Bath Shower, DressingRoom, Closet WalkIn, Sauna |
| **Outdoor** | Outdoor variants |
| **Unknown** | Undefined, Room, UserDefined, Alcove, Elevated, Attic, Basement |

Labels not represented in the predefined mapping were treated as unmapped rather than being automatically assigned to a privacy category.

This taxonomy is an operational semantic abstraction rather than a claim that each room possesses a universal or invariant privacy level. Its purpose is to provide a consistent functional coding scheme through which topological exposure can be computed across a large floor-plan sample.

### 3.4. Entrance-Source Identification

A central requirement of PLI is a reproducible definition of the dwelling entrance. Entrance identification therefore relied on structural information encoded in the SVG rather than on geometric orientation or arbitrary node selection.

Primary entrance candidates were identified from doors structurally associated with external walls in the CubiCasa SVG representation. Among interior transition spaces accessed through these external-wall doors, entrance sources were selected using the following semantic priority:

$$Entry > Entry\ Lobby > DraughtLobby > \frac{Hall}{Hall\ Corridor}$$

For a plan $p$, the resulting entrance-source set was defined as

$$S_p = \{s \in V_p : s\ belongs\ to\ the\ highest\ available\ transition\ priority\}$$

If multiple spaces shared the highest available priority, all such spaces were retained. Thus, the procedure did not force an arbitrary single-source choice when the structural representation supported multiple equivalent entrance candidates.

For any Bedroom $b$, its entrance distance was consequently defined relative to the closest valid source:

$$d(S_p, b) = \min_{s \in S_p} d(s, b)$$

where $d(s, b)$is the unweighted shortest-path distance between source $s$and Bedroom $b$.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

No orientation-based or SVG door-order tie-break was used. Similarly, a LivingRoom or other public space was not substituted as an entrance when a valid external transition source could not be identified. Layouts without an identifiable external transition source were excluded from PLI computation.

This procedure should be understood as a reproducible entrance-identification rule based on dataset structure and semantic priorities, rather than as externally validated entrance ground truth.

### 3.5. Privacy Leakage Index

#### 3.5.1. Operational definition

The Privacy Leakage Index (PLI) was developed to quantify the extent to which private residential spaces are topologically and functionally exposed to the entrance and public circulation structure of a dwelling.

PLI specifically operationalizes spatial privacy leakage represented by semantic room connectivity. It is not intended as a comprehensive measure of residential privacy and does not quantify visual privacy, acoustic privacy, occupant behavior, social norms, or temporal patterns of use.

PLI was first computed at Bedroom level and subsequently aggregated to plan level. For each Bedroom $b$,

$$PLI_b = \frac{E_b + F_b + A_b}{3}$$

where:

- $E_b$= Proximity Exposure,
- $F_b$= Functional Path Exposure, and
- $A_b$= Adjacency Exposure.

The three components were equally weighted as a parsimonious baseline formulation. Equal weighting should therefore be interpreted as an explicit modeling assumption rather than as evidence that the three dimensions make objectively identical contributions to privacy.

#### 3.5.2. Proximity Exposure

The first component measures how topologically close a Bedroom is to the dwelling entrance. For Bedroom $b$,

$$d_b = \min_{s \in S_p} d(s, b),$$

and Proximity Exposure is defined as

$$E_b = \frac{1}{d_b}.$$

Consequently, a Bedroom directly connected to an entrance source has

$$d_b = 1,\ E_b = 1,$$

whereas increasing topological separation progressively reduces exposure. For example,

$$d_b = 2 \Rightarrow E_b = 0.5,$$

and

$$d_b = 3 \Rightarrow E_b \approx 0.333.$$

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Thus, $E_b$ formalizes the assumption that greater topological depth from the entrance provides greater spatial separation between external access and private sleeping space.

### 3.5.3. Functional Path Exposure

Topological depth alone does not distinguish between qualitatively different access sequences. For example, two Bedrooms may both be two graph steps from the entrance, while one is reached through a public LivingRoom and the other through a transition Hall. Functional Path Exposure was therefore introduced to represent the semantic character of the spaces encountered along the shortest access path.

For an intermediate node $v$, functional exposure weights were defined as

$$r(v) = \begin{cases} 1.00, & v \in \text{public}, \\ 0.75, & v \in \text{semi-public/service}, \\ 0.25, & v \in \text{semi-private}, \\ 0, & v \in \text{transition/private/outdoor}. \end{cases}$$

Unknown nodes were not assigned a substantive privacy weight in the baseline formulation.

For a shortest path $P$ from an entrance source to Bedroom $b$, Functional Path Exposure was calculated from its intermediate nodes, excluding the source and target nodes. Conceptually, higher values indicate that access to the Bedroom is mediated by spaces with stronger public or service exposure, whereas circulation through transition spaces contributes no functional exposure under the baseline coding.

If the entrance and Bedroom were directly adjacent and therefore no intermediate node existed, Functional Path Exposure was defined as

$$F(P) = 1.$$

This explicitly represents direct entrance-to-Bedroom access as maximum functional exposure rather than treating the absence of intermediate nodes as zero exposure.

When more than one equal-length shortest path connected the entrance-source set to the Bedroom, the maximum path exposure was retained:

$$F_b = \max_{P \in \mathcal{P}_b} F(P),$$

where $\mathcal{P}_b$ denotes the set of equal shortest entrance-to-Bedroom paths. This worst-case shortest-path rule was adopted because the existence of a more exposed equally short route represents a potential privacy-leakage condition even when a more buffered route is also available.

If all intermediate spaces on an evaluated path were semantically unknown, the baseline formulation assigned $F = 0$ while simultaneously flagging the observation as functionally unresolved. Such cases were therefore not interpreted as evidence of privacy-safe circulation.

### 3.5.4. Adjacency Exposure

The third component captures immediate functional exposure around a Bedroom. Whereas $E_b$ measures entrance proximity and $F_b$ evaluates the semantic character of the access path, Adjacency Exposure represents the highest-risk functional class directly neighboring the Bedroom.

For neighboring node $v \in N(b)$, adjacency weights were defined as

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

$$a(v) = \begin{cases} 1.00, & v \in S_p, \\ 0.75, & v \in \text{public}, \\ 0.50, & v \in \text{semi-public/service}, \\ 0.25, & v \in \text{semi-private}, \\ 0, & v \in \text{transition/private/outdoor/unknown}. \end{cases}$$

Bedroom-level adjacency exposure was then

$$A_b = \max_{v \in N(b)} a(v).$$

A direct connection between a Bedroom and an actual entrance-source node therefore receives maximum adjacency exposure:

$$A_b = 1.$$

Importantly, the value of 1.00 was reserved for nodes belonging to the actual plan-specific entrance-source set $S_p$. An Entry Lobby elsewhere in the graph did not automatically receive maximum adjacency weight merely because of its semantic label.

### 3.5.5. Plan-Level Aggregation

For a plan containing $n_B$Bedrooms, the primary plan-level outcome was the mean Bedroom-level PLI:

$$PLI_{\text{mean},p} = \frac{1}{n_B} \sum_{b=1}^{n_B} P\,LI_b.$$

PLI_mean was selected as the primary measure because it summarizes the overall topological privacy condition across all sleeping spaces in a dwelling.
A complementary worst-case measure was also calculated:

$$PLI_{\text{max},p} = \max_b PLI_b.$$

PLI_max captures the most exposed Bedroom in a layout and was retained as a complementary rather than primary outcome.

### 3.6. Robustness and Quality-Control Procedures

Several quality-control procedures were incorporated to distinguish metric behavior from uncertainties introduced by floor-plan annotation and graph extraction.
First, entrance identification and Bedroom reachability were evaluated before PLI computation. Layouts without a structurally identifiable external transition source were excluded, as were layouts in which at least one Bedroom could not be reached from the entrance-source set. This prevented missing connectivity from being silently interpreted as high privacy.
Second, semantically unknown spaces were retained in the graph rather than removed. This preserved their topological contribution while avoiding unsupported functional classification.
For Functional Path Exposure, paths whose intermediate nodes were entirely unknown were explicitly flagged as functionally unresolved. A sensitivity analysis was conducted by assigning unresolved functional exposure three alternative values:

$$F_{\text{unknown}} \in \{0, , 0.5\ 1\},$$

corresponding to LOW, NEUTRAL, and HIGH assumptions.
The baseline used

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

$$F_{\text{unknown}} = 0,$$

but this value was not interpreted as evidence that unknown spaces are privacy-safe. Instead, the sensitivity analysis evaluated the degree to which this coding assumption affected aggregate PLI results and layout rankings.

The sensitivity analysis involved 3,908 Bedrooms across the 2,025 final layouts. Functionally unresolved cases represented 193 Bedrooms, or approximately 4.94% of Bedroom observations, distributed across 159 plans (7.85% of the analytical sample). Rank-order stability remained high across alternative assumptions: Bedroom-level Spearman correlation between LOW and HIGH coding was approximately 0.986, while corresponding plan-level correlations were approximately 0.982 for PLI_mean and 0.994 for PLI_max. Thus, unknown-space treatment could affect individual layouts but did not substantially alter the aggregate ranking structure.

### 3.7. Statistical Analysis for RQ1 and RQ2

RQ1 examined whether privacy leakage could be operationalized computationally across the selected residential floor-plan sample. The distribution of PLI_mean and PLI_max was therefore summarized using descriptive statistics, including mean, median, standard deviation, range, and empirical quantiles.

RQ2 examined associations between privacy leakage and architectural graph characteristics. Because several graph and PLI variables were non-normal or bounded, Spearman rank correlations were used as the principal measure of monotonic association.

For descriptive comparison, layouts were additionally divided into rank-based Low, Medium, and High PLI groups. These groups were used to characterize architectural differences rather than to imply universal or normatively meaningful privacy thresholds.

Low-versus-High group differences were summarized using group medians and Cliff's delta effect sizes. Emphasis was placed on effect magnitude and consistency of architectural patterns rather than statistical significance alone.

The topology analysis included measures representing graph integration, compactness, circulation structure, and Bedroom position, including graph density, average shortest-path length, diameter, radius, degree-related measures, Bedroom centrality, semantic-space proportions, and Bedroom-to-nonBedroom distances.

Variables directly involved in the mathematical construction of PLI were not treated as independent architectural discoveries. In particular, entrance-to-Bedroom distance and direct entrance-to-Bedroom connectivity were analyzed as construct-validation variables, because their relationship with PLI is partly induced by the index definition itself. They were therefore reported separately from the principal RQ2 topology analysis.

### 3.8. Privacy-Leakage Classification for RQ3

RQ3 evaluated whether privacy-leakage levels could be predicted from architectural characteristics without directly supplying the mathematical components used to compute PLI.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

To prevent information leakage, the original CubiCasa training, validation, and test partitions were preserved. Privacy-leakage class thresholds were estimated exclusively from the training partition. For the 1,717 training layouts, the 33rd and 66th percentiles of PLI_mean were

$$Q_{33} = 0.287037$$

and

$$Q_{66} = 0.847222.$$

Layouts were classified as:

$$\text{Low: } PLI_{\text{mean}} \leq Q_{33},$$
$$\text{Medium: } Q_{33} < PLI_{\text{mean}} < Q_{66},$$

and

$$\text{High: } PLI_{\text{mean}} \geq Q_{66}.$$

The same training-derived thresholds were subsequently applied unchanged to validation and test layouts. These thresholds were used only as data-driven classification boundaries for RQ3 and should not be interpreted as universal architectural privacy standards.
Two conventional classifiers were evaluated: Logistic Regression and Random Forest. Conventional models were deliberately selected because the objective of RQ3 was to determine whether interpretable architectural graph characteristics contained predictive information about PLI classes, rather than to maximize predictive performance through high-capacity deep-learning architectures.
Three predictor configurations were evaluated:

$$\text{BASIC, TOPOLOGY, COMBINED.}$$

The Basic feature set contained conventional plan-level architectural and count-based characteristics. The Topology feature set contained graph-topological and semantic-composition characteristics. The Combined feature set contained both groups.

Model configuration was selected using validation-set Macro-F1 as the primary criterion. The held-out test set was reserved for final evaluation. Performance was reported using Accuracy, Macro-F1, and multiclass one-vs-rest Macro ROC-AUC.
For ROC-AUC calculation, predicted-probability columns were explicitly reordered according to the classifier's class labels before alignment with the fixed class order (Low, Medium, High). This ensured that each probability column corresponded to the correct binarized class.

### 3.9. Predictor Leakage Control and Model Interpretation

Particular attention was given to avoiding circular prediction of an index from variables that directly define that index.
Accordingly, RQ3 predictors excluded:

- the PLI outcome itself and derived PLI class;
- the $E$, $F$, and $A$component scores;
- entrance-to-Bedroom distance variables;
- entrance-to-Bedroom directness variables; and
- direct source-to-Bedroom edge counts.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

These exclusions ensured that the classification task tested whether broader architectural and graph characteristics contained information about privacy leakage rather than simply reconstructing the PLI formula.
Feature-set ablation was then used to assess the incremental predictive contribution of graph topology. Basic, Topology, and Combined models were compared under the same train/validation/test protocol.

Finally, permutation importance was calculated for the validation-selected Combined Random Forest by repeatedly permuting individual predictor values and measuring the resulting decrease in Macro-F1. This analysis was used as a model-interpretation procedure rather than as evidence of causal architectural effects.

### 3.10. Methodological Scope

The proposed framework should be interpreted within a deliberately restricted scope. PLI quantifies topological and functional privacy exposure represented by semantic room connectivity. It does not attempt to estimate all dimensions of residential privacy.
Specifically, the framework does not directly model sight lines, door transparency, wall opacity, acoustic insulation, metric viewing distance, furniture arrangement, occupancy, household composition, cultural privacy norms, or time-dependent patterns of space use. Similarly, open-passage edges inferred from geometry are heuristic connectivity estimates rather than externally validated ground truth.
Accordingly, a high PLI indicates greater graph-represented spatial exposure of Bedrooms to entrance/public circulation, while a low PLI indicates greater topological and functional buffering under the operational definitions used in this study. Neither value should be interpreted as a universal judgment that a dwelling is inherently “private” or “non-private.”
This distinction is central to the proposed metric: PLI is designed as an interpretable computational indicator of a specific architectural privacy mechanism, not as a complete model of human privacy experience.

## 4. Results and Discussion

After eligibility filtering and graph-based quality control, 2,025 residential floor plans remained in the final analytical sample from an initial eligible set of 2,285 layouts, corresponding to a retention rate of 88.62%. The final split consisted of 1,717 training, 166 validation, and 142 test plans. Plan-level privacy leakage showed substantial variation, with PLI_mean ranging from 0.0778 to 1.0000, a mean of 0.5942, and a median of 0.6944. The overall distribution is shown in Fig. 1, indicating that the proposed metric differentiates a wide range of residential configurations rather than collapsing the sample into a narrow score range.

**Table 1.** Analytical sample and PLI descriptives

| Measure | Value |
|---|---|
| **Initial eligible plans** | 2,285 |
| **Entrance-resolved plans** | 2,207 |
| **Final analytical sample** | 2,025 |
| **Retention** | 88.62% |
| **Train / Validation / Test** | 1,717 / 166 / 142 |
| **Mean PLI_mean** | 0.5942 |
| **Median PLI_mean** | 0.6944 |
| **Minimum PLI_mean** | 0.0778 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | |
|---|---|
| **Maximum PLI_mean** | 1.0000 |
| **Mean PLI_max** | 0.6571 |
| **Median PLI_max** | 0.7500 |

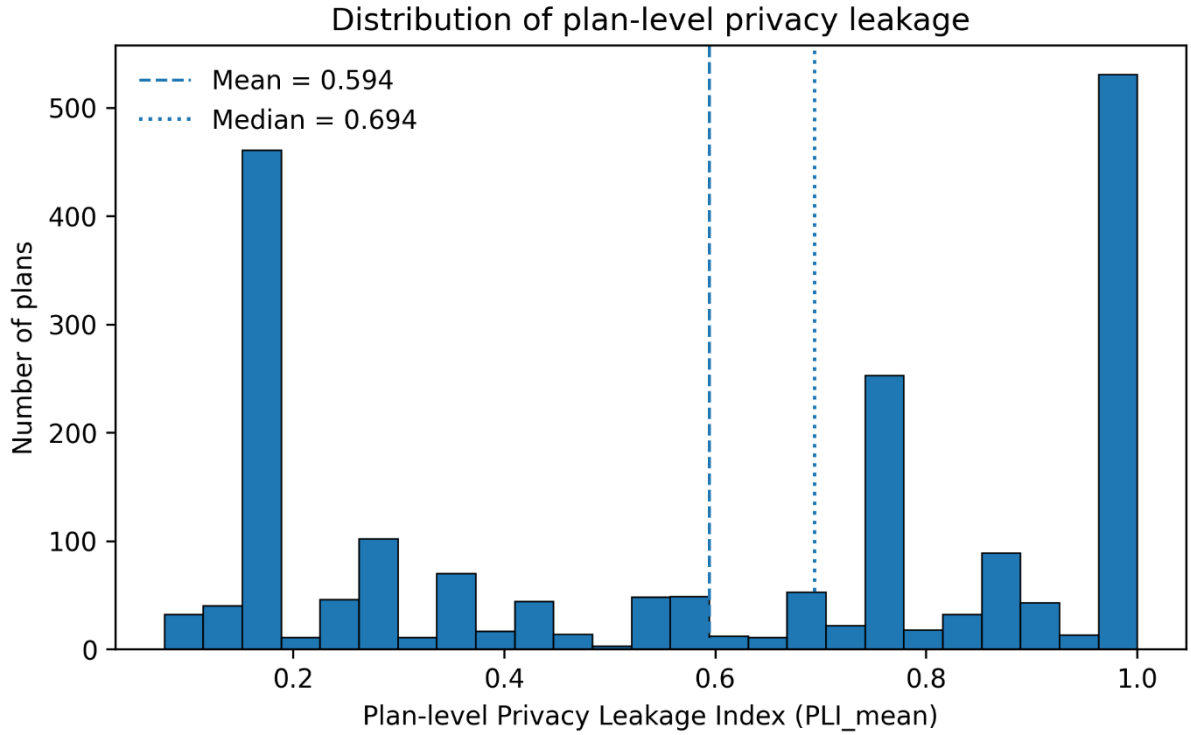



**Fig. 1.** Distribution of plan-level Privacy Leakage Index (PLI_mean).

The topological analysis revealed a consistent architectural pattern. Higher privacy leakage was associated with shorter graph paths, greater graph density, stronger higher Bedroom centrality, and a larger proportion of public spaces, whereas lower leakage was associated with greater spatial separation and stronger transition-space mediation. Among the reported topology variables, average shortest-path length showed the strongest association with PLI ($\rho = -0.5233$), followed by graph diameter ($\rho = -0.4836$), Bedroom-to-nonBedroom mean distance ($\rho = -0.4808$), and graph density ($\rho = +0.4761$). These relationships are summarized in Table 2 and visualized in Fig. 2.

**Table 2.** Key topological associations with PLI_mean

| Topological variable | Spearman $\rho$ | Low median | High median | Cliff's $\delta$ | Effect |
|---|---|---|---|---|---|
| **Average shortest path** | -0.5233 | 2.5897 | 2.0952 | -0.6708 | Large |
| **Bedroom–nonBedroom mean distance** | -0.4808 | 2.5000 | 2.1667 | -0.6250 | Large |
| **Graph density** | +0.4761 | 0.1538 | 0.2500 | +0.6167 | Large |
| **Graph diameter** | -0.4836 | 5.0000 | 4.0000 | -0.6079 | Large |
| **Bedroom degree centrality** | +0.4128 | 0.1000 | 0.1667 | +0.5458 | Large |
| **Graph radius** | -0.4274 | 3.0000 | 2.0000 | -0.4983 | Large |
| **Public-space proportion** | +0.3590 | 0.0909 | 0.1250 | +0.4531 | Medium |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Transition-space proportion** | -0.2934 | 0.1429 | 0.1250 | -0.4034 | Medium |

The Low-versus-High comparisons reinforce the correlation analysis. Average shortest-path length, Bedroom-to-nonBedroom distance, density, diameter, and Bedroom degree centrality all produced **large effect sizes**. Architecturally, this suggests that leakage is related to the degree to which private rooms are embedded within the dwelling's circulation structure. More compact and integrated configurations reduce the number of spatial layers separating Bedrooms from more accessible areas, while greater depth and separation provide stronger spatial buffering.

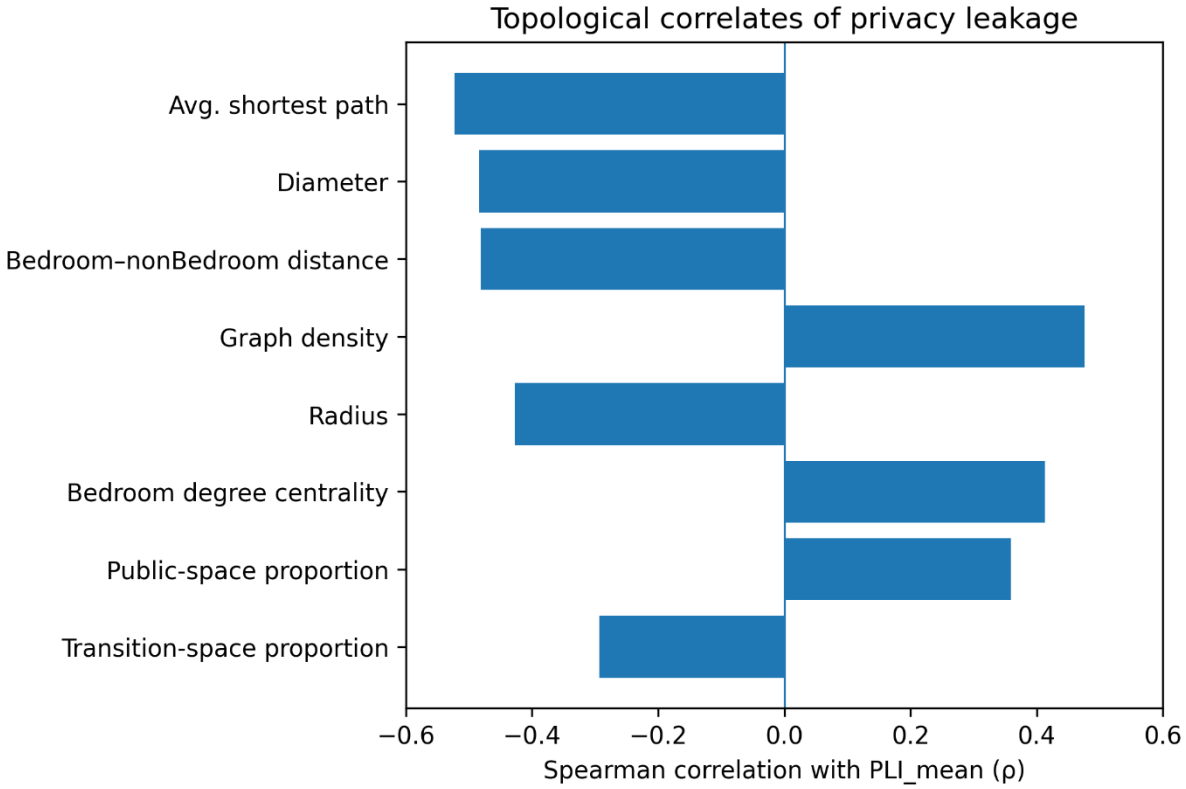



**Fig. 2.** Spearman correlations between selected graph-topological variables and plan-level privacy leakage.

Transition spaces appear particularly important. Their proportion was negatively associated with PLI, while public-space proportion showed the opposite relationship. This supports the interpretation of halls, corridors, lobbies, and similar spaces as topological privacy buffers when they mediate access between entrance/public circulation and private rooms. This should not be interpreted as implying that more corridor area is inherently preferable; rather, the result concerns the relational position of transition spaces within the connectivity graph.

Variables directly describing source-to-Bedroom distance and directness showed even stronger relationships with PLI, including $\rho = +0.8562$for direct source–Bedroom proportion and approximately $-0.75$for source–Bedroom distance measures. These variables were treated as construct-validation measures rather than independent discoveries, because entrance distance and adjacency are explicitly represented in the PLI formulation.

The predictive experiments provide a complementary validation of the metric. As reported in Table 3, the Random Forest using only basic architectural descriptors achieved a held-out test Macro-F1 of 0.5723, whereas the topology-only feature set increased Macro-F1 to 0.6900. The

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Combined feature set produced the best result, with Macro-F1 0.7036 and Macro-AUC 0.8509. Importantly, PLI outcomes, E/F/A components, entrance-to-Bedroom distance/directness constructs, and direct source-to-Bedroom edge counts were excluded from the predictive features.

**Table 3.** Held-out test performance by feature set

| Feature set | Model | Accuracy | Macro-F1 | Macro-AUC |
|---|---|---|---|---|
| **Basic** | Random Forest | 0.5775 | 0.5723 | 0.7384 |
| **Basic** | Logistic Regression | 0.4930 | 0.4843 | 0.6460 |
| **Topology** | Random Forest | 0.6901 | 0.6900 | 0.8377 |
| **Topology** | Logistic Regression | 0.5775 | 0.5771 | 0.7842 |
| **Combined** | Random Forest | **0.7042** | **0.7036** | **0.8509** |
| **Combined** | Logistic Regression | 0.6268 | 0.6256 | 0.7910 |

The feature-set comparison in Fig. 3 shows that most of the predictive improvement beyond basic plan descriptors is already captured by topology. The increase from Basic to Topology is approximately +0.118 Macro-F1, whereas adding basic architectural descriptors to the topology set produces only a further +0.014 improvement. This suggests that graph topology contains substantial information about privacy-related spatial organization beyond conventional room and element counts.

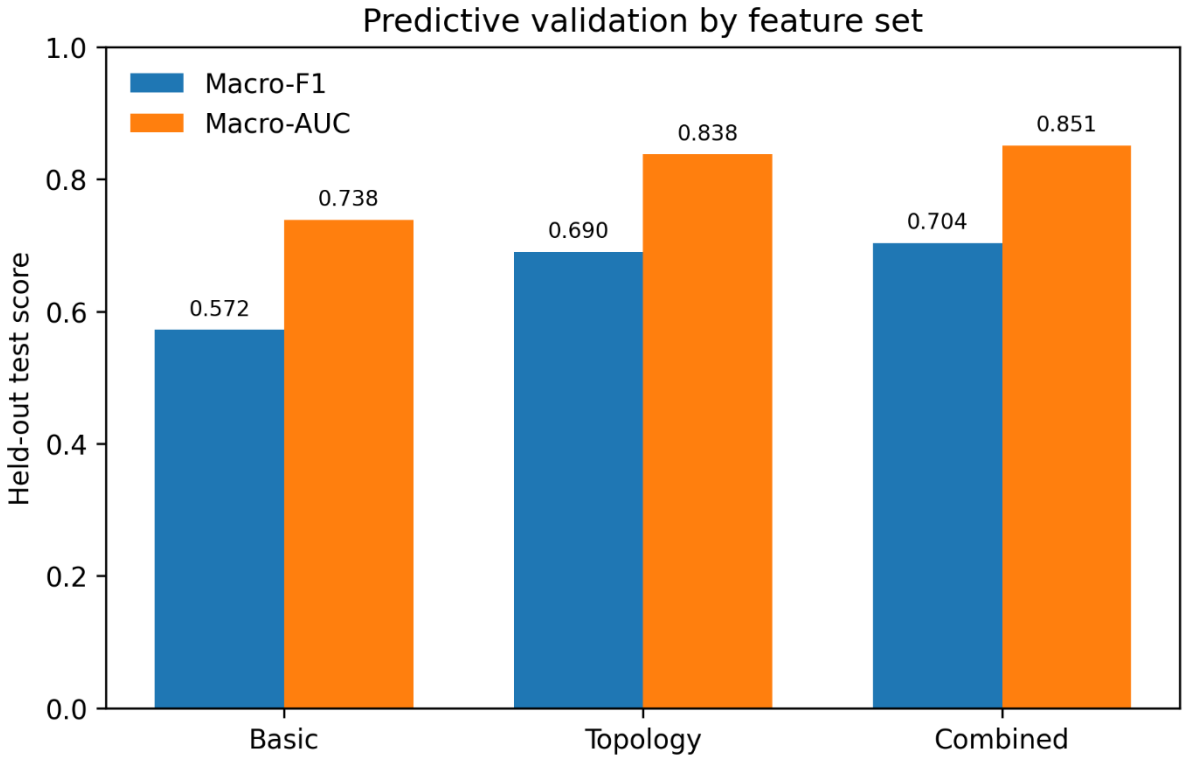



**Fig. 3.** Random Forest predictive performance for Basic, Topology, and Combined feature sets.

Permutation importance further supports the architectural interpretation. As shown in Fig. 4, transition-space proportion was the most influential feature in the Combined Random Forest, with a Macro-F1 decrease of 0.1061 after permutation. Bedroom-to-nonBedroom mean distance and overall space count followed, with decreases of 0.0707 and 0.0622, respectively.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**Table 4.** Top permutation-importance features of the Combined Random Forest

| Feature | Macro-F1 decrease | SD |
|---|---|---|
| **Transition-space proportion** | 0.1061 | 0.0246 |
| **Bedroom–nonBedroom mean distance** | 0.0707 | 0.0260 |
| **Space count** | 0.0622 | 0.0225 |
| **Degree SD** | 0.0350 | 0.0131 |
| **Public-space proportion** | 0.0227 | 0.0102 |
| **Bedroom degree centrality** | 0.0205 | 0.0079 |
| **Door count** | 0.0136 | 0.0090 |
| **LCC radius** | 0.0130 | 0.0088 |

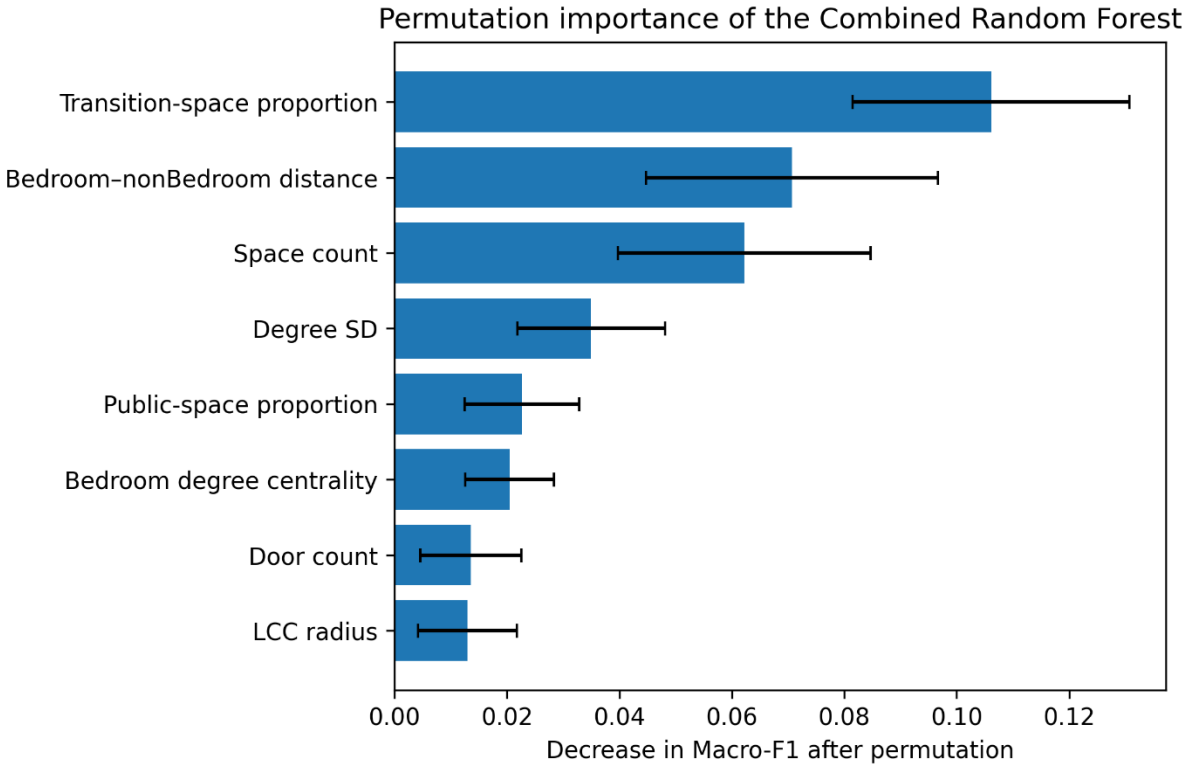



**Fig. 4.** Permutation importance of the validation-selected Combined Random Forest.

The findings therefore support the main architectural interpretation of the study: higher privacy leakage tends to occur in more compact and integrated configurations, while lower leakage is associated with greater separation and transition-mediated buffering. The machine-learning results should be interpreted as validation of this structural signal rather than as the primary methodological contribution.

A sensitivity analysis was also conducted for semantically unresolved intermediate spaces. Such uncertainty affected 193 of 3,908 Bedrooms and 159 of the 2,025 plans. Despite this, rank correlations between the LOW and HIGH coding assumptions remained 0.9859 at Bedroom level, 0.9823 for plan-level mean PLI, and 0.9940 for plan-level maximum PLI. Thus, unknown-space treatment may influence individual layouts, but the global ranking structure remains comparatively stable.

These findings should nevertheless be interpreted within the scope of the metric. PLI represents topological and functional privacy exposure, not total residential privacy. It does not directly measure visual, acoustic, behavioral, or perceived privacy, and the observed relationships

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

should not be interpreted causally. In addition, the open-passage adjacency procedure remains heuristic rather than ground-truth validated. Therefore, the proposed metric is best viewed as an interpretable computational indicator for identifying and comparing privacy-related spatial exposure patterns rather than as a normative judgment of whether a dwelling provides adequate privacy.

## 5. Conclusion

This study proposed an interpretable graph-based Privacy Leakage Index (PLI) for quantifying the topological and functional exposure of Bedrooms in residential floor plans. Applied to 2,025 quality-controlled single-floor layouts, the analysis showed that privacy leakage is systematically associated with spatial configuration rather than being explained by basic room and element counts alone. Higher PLI values were generally associated with shorter graph paths, greater graph density, stronger higher Bedroom centrality, and greater public-space representation, whereas lower values were associated with greater spatial separation and transition-space buffering.

The predictive analysis supported this interpretation. A topology-only Random Forest achieved a held-out test Macro-F1 of 0.6900, compared with 0.5723 for basic architectural descriptors, while the combined feature set reached 0.7036 with a Macro-AUC of 0.8509. These results indicate that semantic room graphs capture architectural structure that is meaningfully related to the proposed leakage measure.

The contribution of the study lies in operationalizing Bedroom-centered privacy leakage through entrance proximity, functional path exposure, and local adjacency in a scalable and interpretable graph representation. PLI should, however, be understood as a measure of topological and functional privacy exposure, not as a comprehensive measure of residential privacy. Future work should validate the metric on independent datasets and expert assessments and extend the framework to include visual and other privacy dimensions.

## References

Akdağ, F. (2026). Computational morphometric and spatial analysis of micro-public architecture: The Tokyo Toilet project. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1–19. https://doi.org/10.1080/13467581.2026.2700873

Al-Mohannadi, A. S., & Furlan, R. (2022). The syntax of the Qatari traditional house: Privacy, gender segregation and hospitality constructing Qatar architectural identity. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 21*(2), 263–283. https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1869555

Alitajer, S., & Molavi Nojoumi, G. (2016). Privacy at home: Analysis of behavioral patterns in the spatial configuration of traditional and modern houses in the city of Hamedan based on the notion of space syntax. *Frontiers of Architectural Research, 5*(3), 341–352. https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.02.003

Çetin, A., & Beyhan, Ş. G. (2025). Space syntax analysis of visual privacy in residential buildings developed under the influence of modernism: A case study in Isparta. *Nexus Network Journal, 27*, 509–536. https://doi.org/10.1007/s00004-025-00819-x

Hu, R., Huang, Z., Tang, Y., van Kaick, O., Zhang, H., & Huang, H. (2020). Graph2Plan: Learning floorplan generation from layout graphs. *ACM Transactions on Graphics, 39*(4), Article 118. https://doi.org/10.1145/3386569.3392391

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Jiang, Y., Sun, T., Wang, L., & Fukuda, H. (2026). Research of young adults' residential floor plan preferences through 2D visualization and immersive virtual environments: A comparison with quantitative floor plan attributes. *Buildings, 16*(11), 2193. https://doi.org/10.3390/buildings16112193

Kalervo, A., Ylioinas, J., Häikiö, M., Karhu, A., & Kannala, J. (2019). CubiCasa5K: A dataset and an improved multi-task model for floorplan image analysis. In M. Felsberg, P.-E. Forssén, I.-M. Sintorn, & J. Unger (Eds.), *Image analysis: SCIA 2019* (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 11482). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20205-7_3

Khozaei Ravari, F., Hassan, A. S., Abdul Nasir, M. H., & Mohammad Taheri, M. (2024). The development of residential spatial configuration for visual privacy in Iranian dwellings, a space syntax approach. *International Journal of Building Pathology and Adaptation, 42*(4), 672–703. https://doi.org/10.1108/IJBPA-05-2021-0080

Moreira, A., & Serdoura, F. (2025). The spatial logic of privacy: Uncovering privacy patterns in shared housing environments. *Buildings, 15*(19), 3532. https://doi.org/10.3390/buildings15193532

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE OF BOVINE TUBERCULOSIS IN EXTENSIVE CATTLE FARMING SYSTEMS OF THE MEDITERRANEAN REGION

**Prof. Dr. Carlos Fernández-Delgado[1], Dr. María Isabel Romero-Vega[2], Javier Alonso Martín[1], Assoc. Prof. Dr. Lucía Sánchez Ortega[3]**

[1]Complutense University of Madrid, Faculty of Veterinary Medicine, VISAVET Health Surveillance Centre, Madrid, Spain

[2]University of Córdoba, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Health, Córdoba, Spain

[3]University of Extremadura, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Health, Cáceres, Spain

## ABSTRACT

Bovine tuberculosis, caused mainly by Mycobacterium bovis, remains one of the most important zoonotic and economically significant diseases affecting cattle in the Mediterranean region. Despite long-standing national eradication programs based on test-and-slaughter strategies, the disease persists in several areas, particularly in extensive farming systems where cattle graze over large territories and share pastures, water sources and feeding areas with wildlife species such as wild boar and red deer. These multi-host systems create complex transmission dynamics that limit the effectiveness of control measures focused exclusively on domestic animals. This study evaluates the epidemiological surveillance of bovine tuberculosis in extensive cattle farming systems of the Mediterranean region, with particular reference to the dehesa ecosystems of southwestern Spain. The research combines a retrospective analysis of official surveillance data from routine skin testing and interferon-gamma assays, post-mortem inspection at slaughterhouses and bacteriological culture, together with molecular typing of isolates by spoligotyping and the analysis of farm-level risk factors through structured questionnaires. Wildlife surveillance data obtained from hunted animals were also integrated into the analysis. The findings indicate that herd breakdowns were significantly associated with high densities of wild ungulates, shared use of water points, herd size, cattle movements between farms and the presence of other domestic species such as goats. Molecular typing revealed shared spoligotypes between cattle and wildlife, supporting the role of interspecies transmission in disease persistence. Limitations in the sensitivity of diagnostic tests and delays in removing infected animals were also identified. The study concludes that effective control of bovine tuberculosis in extensive systems requires an integrated One Health approach that combines strengthened cattle testing, wildlife management, biosecurity at the wildlife-livestock interface and close cooperation between veterinary services, farmers and hunters.

**Keywords:** Bovine tuberculosis, Mycobacterium bovis, epidemiological surveillance, extensive farming, wildlife-livestock interface

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS OF ESCHERICHIA COLI ISOLATED FROM POULTRY FLOCKS AND ITS PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS

**Assis. Prof. Dr. Antonio Ruiz Cabrera[1], Elena Gómez Navarro[2]**
[1]University of Murcia, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Health, Murcia, Spain
[2]University of Zaragoza, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Pathology, Zaragoza, Spain

## ABSTRACT

Antimicrobial resistance is recognized as one of the most serious global threats to human and animal health. The intensive use of antimicrobials in food-producing animals, particularly in poultry production, has been identified as a major driver of the emergence and spread of resistant bacteria. Escherichia coli, a common commensal of the avian intestinal tract and an important opportunistic pathogen, is widely used as an indicator organism for monitoring resistance because it can acquire and transfer resistance genes to other bacteria, including those that cause disease in humans. This study investigates the antimicrobial resistance patterns of Escherichia coli isolated from poultry flocks and discusses their public health implications. Cloacal swabs and environmental samples were collected from broiler and laying hen farms in Spain. Isolates were identified using standard microbiological methods, and their susceptibility to a panel of antimicrobials of veterinary and human importance was determined by the disk diffusion method and the determination of minimum inhibitory concentrations. Selected multidrug-resistant isolates were further examined by polymerase chain reaction for the presence of resistance genes, including those encoding extended-spectrum beta-lactamases. The findings revealed high levels of resistance to tetracyclines, ampicillin, sulfonamides and quinolones, and a considerable proportion of isolates showed multidrug resistance. Extended-spectrum beta-lactamase producing strains were also detected, raising concern about the transmission of resistant bacteria through the food chain and direct contact with animals. Resistance was more frequent in farms with greater antimicrobial use and weaker biosecurity practices. The study concludes that poultry represent an important reservoir of resistant Escherichia coli and highlights the need for prudent antimicrobial use, improved farm hygiene, continuous surveillance and a coordinated One Health strategy.

**Keywords:** Antimicrobial resistance, Escherichia coli, poultry, extended-spectrum beta-lactamase, One Health

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PREVALENCE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH GASTROINTESTINAL PARASITIC INFECTIONS IN SMALLHOLDER DAIRY CATTLE

**Dr. Tesfaye Bekele Gebre[1], Prof. Dr. Almaz Hailu Wolde[2], Getachew Mulugeta Assefa[3]**
[1]Addis Ababa University, College of Veterinary Medicine and Agriculture, Department of Pathology and Parasitology, Bishoftu, Ethiopia
[2]Haramaya University, College of Veterinary Medicine, Haramaya, Ethiopia
[3]Jimma University, College of Agriculture and Veterinary Medicine, School of Veterinary Medicine, Jimma, Ethiopia

## ABSTRACT

Smallholder dairy farming plays a vital role in household income, nutrition and rural livelihoods in many developing countries. However, the productivity of dairy cattle in these systems is often constrained by disease, among which gastrointestinal parasitic infections are among the most widespread and economically important. Infections caused by nematodes such as Haemonchus, Trichostrongylus and Ostertagia, trematodes such as Fasciola and Paramphistomum, and protozoa such as Eimeria can result in reduced milk yield, weight loss, poor growth, impaired fertility and increased susceptibility to other diseases, although many infections remain subclinical and go unnoticed by farmers. This study determines the prevalence of gastrointestinal parasitic infections and identifies the associated risk factors in smallholder dairy cattle in central Ethiopia. A cross-sectional study was conducted in which fecal samples were collected from randomly selected cattle and examined using flotation, sedimentation and McMaster egg counting techniques. Information on animal characteristics and management practices was obtained through a structured questionnaire administered to farmers. The findings indicate that gastrointestinal parasites are highly prevalent, with strongyle-type nematodes being the most common, followed by Fasciola and Eimeria species. Mixed infections were frequently observed. Infection was significantly associated with the age of animals, body condition, grazing management, access to communal pastures and marshy areas, the rainy season and the absence of regular deworming. Young animals and those in poor body condition were found to be particularly vulnerable. The study concludes that gastrointestinal parasitism represents a major constraint on smallholder dairy productivity and recommends strategic deworming, improved grazing and housing management, farmer education and the careful use of anthelmintics to prevent the development of resistance.

**Keywords:** Gastrointestinal parasites, smallholder dairy cattle, prevalence, risk factors, Ethiopia

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SEROPREVALENCE OF PESTE DES PETITS RUMINANTS VIRUS IN INDIGENOUS SHEEP AND GOAT POPULATIONS UNDER PASTORAL MANAGEMENT

**Prof. Dr. Dawit Negash Kebede[1], Selamawit Bogale Fikru[2]**
[1]University of Gondar, College of Veterinary Medicine and Animal Sciences, Department of Veterinary Epidemiology and Public Health, Gondar, Ethiopia
[2]Hawassa University, Faculty of Veterinary Medicine, Hawassa, Ethiopia

## ABSTRACT

Peste des petits ruminants is a highly contagious viral disease of sheep and goats caused by a morbillivirus closely related to the rinderpest virus. The disease is characterized by fever, oral erosions, ocular and nasal discharge, pneumonia and diarrhea, and it can cause high morbidity and mortality, particularly in susceptible goat populations. In pastoral and agro-pastoral communities, where small ruminants are a key source of food, income and social security, outbreaks of peste des petits ruminants have serious consequences for livelihoods and food security. The disease has been targeted for global eradication, and reliable epidemiological information is essential for designing effective vaccination and control strategies. This study investigates the seroprevalence of peste des petits ruminants virus in indigenous sheep and goat populations under pastoral management in Ethiopia and identifies factors associated with seropositivity. A cross-sectional study was carried out in selected pastoral districts, where blood samples were collected from unvaccinated animals and tested for antibodies against the virus using a competitive enzyme-linked immunosorbent assay. Data on animal species, age, sex, flock size, mobility, contact with other flocks and access to veterinary services were gathered through questionnaires and interviews with pastoralists. The findings demonstrate widespread exposure to the virus in both species, with seroprevalence higher in goats than in sheep and increasing with age. Seropositivity was also associated with large flock size, seasonal migration, communal grazing and watering points, and the introduction of new animals from livestock markets. Limited vaccination coverage and weak cold chain systems were identified as major constraints. The study concludes that strengthened vaccination campaigns, improved surveillance, movement control and community-based animal health services are essential for progressive control and eventual eradication.

**Keywords:** Peste des petits ruminants, seroprevalence, sheep and goats, pastoral systems, Ethiopia

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MOLECULAR CHARACTERIZATION OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE VIRUS SEROTYPES CIRCULATING IN NORTH AFRICAN LIVESTOCK POPULATIONS

**Assis. Prof. Dr. Youssef El Amrani[1], Dr. Fatima Zahra Benjelloun[1], Khalid Ouazzani Tahiri[2], Prof. Dr. Nadia Berrada Chraibi[1], Hamza El Fassi[2]**

[1]Hassan II Agronomic and Veterinary Institute, Department of Microbiology, Immunology and Contagious Diseases, Rabat, Morocco

[2]Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences, Department of Biology, Rabat, Morocco

## ABSTRACT

Foot-and-mouth disease is one of the most contagious and economically devastating diseases of cloven-hoofed animals, affecting cattle, sheep, goats, camels and pigs. Caused by an aphthovirus with several immunologically distinct serotypes and numerous topotypes and lineages, the disease leads to severe production losses, trade restrictions and costly control measures. North Africa has experienced recurrent incursions of foot-and-mouth disease virus, often linked to the movement of animals across borders and the circulation of strains from sub-Saharan Africa and the Middle East. Because vaccine protection depends on the antigenic match between vaccine and field strains, molecular characterization of circulating viruses is essential for effective control. This study presents the molecular characterization of foot-and-mouth disease virus serotypes circulating in North African livestock populations, with a focus on Morocco and neighboring countries. Epithelial tissue and oral fluid samples were collected from clinically affected animals during outbreak investigations. Viral RNA was detected by real-time reverse transcription polymerase chain reaction, and the gene encoding the capsid protein VP1 was amplified and sequenced. Phylogenetic analysis was carried out to determine serotypes, topotypes and genetic relationships with reference strains from other regions. The findings confirmed the circulation of serotype O and serotype A, as well as viruses belonging to the SAT serotypes, which had previously been considered largely restricted to sub-Saharan Africa. Phylogenetic analysis revealed close genetic relationships between North African isolates and strains from West Africa and the Middle East, indicating transboundary spread through livestock movements. The study concludes that continuous molecular surveillance, regional cooperation, vaccine matching and strict control of animal movements are essential for preventing future incursions.

**Keywords:** Foot-and-mouth disease, molecular characterization, phylogenetic analysis, serotypes, North Africa

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# IMPACT OF THERMAL STRESS ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE AND MILK YIELD IN HOLSTEIN DAIRY COWS UNDER SEMI-ARID CONDITIONS

**Dr. Rachid Bennani Smires[1], Salma El Idrissi Alaoui[2], Assoc. Prof. Dr. Omar Tazi Mansouri[1]**

[1]Hassan II Agronomic and Veterinary Institute, Department of Reproduction, Medicine and Animal Production, Rabat, Morocco

[2]Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Sciences and Techniques, Department of Biology, Beni Mellal, Morocco

## ABSTRACT

Thermal stress is a major challenge for dairy production in semi-arid regions, where high ambient temperatures, intense solar radiation and limited water availability prevail for much of the year. Holstein cows, which have been widely introduced into such environments because of their high genetic potential for milk production, are particularly sensitive to heat because of their high metabolic heat production and limited capacity for thermoregulation. When the combined effects of temperature and humidity exceed the animals' thermoneutral zone, cows experience physiological and behavioral changes that impair both productivity and fertility. This study evaluates the impact of thermal stress on reproductive performance and milk yield in Holstein dairy cows under semi-arid conditions in Morocco. Data were collected from commercial dairy farms over consecutive seasons and included daily milk records, reproductive events, rectal temperature, respiration rate and climatic variables used to calculate the temperature-humidity index. The relationships between heat stress and production and reproduction traits were analyzed using mixed statistical models. The findings show that periods of high temperature-humidity index were associated with a marked decline in milk yield, reduced dry matter intake and changes in milk composition. Reproductive performance was also negatively affected, with lower conception rates, longer calving intervals, more frequent silent heats and increased early embryonic loss during the hot season. Cows in early lactation and high-producing animals were the most vulnerable. Farms that used shading, fans and water sprinklers showed better outcomes than those without cooling systems. The study concludes that heat stress significantly compromises dairy efficiency in semi-arid environments and recommends cooling strategies, nutritional adjustments, adapted reproductive management and genetic selection for heat tolerance.

**Keywords:** Heat stress, Holstein cows, reproductive performance, milk yield, semi-arid conditions

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DETECTION AND ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN SUBCLINICAL MASTITIS CASES FROM SMALL-SCALE DAIRY HERDS

**Prof. Dr. Mohamed Chakir Belhaj[1], Imane Sabri Ouali[2], Houda Bennis Sekkat[1]**
[1]Hassan II Agronomic and Veterinary Institute, Department of Pathology and Veterinary Public Health, Rabat, Morocco
[2]Hassan First University of Settat, Faculty of Sciences and Techniques, Laboratory of Agri-Food and Health, Settat, Morocco

## ABSTRACT

Mastitis is the most common and costly disease of dairy cattle worldwide, and its subclinical form is particularly problematic because affected cows show no visible signs while experiencing reduced milk production and altered milk quality. Staphylococcus aureus is one of the most important contagious pathogens responsible for subclinical mastitis. It is able to persist within the mammary gland, form biofilms and spread from cow to cow during milking, and it is often poorly responsive to treatment. In addition, antibiotic-resistant strains, including methicillin-resistant Staphylococcus aureus, represent a growing concern for animal health, food safety and public health. This study aims to detect Staphylococcus aureus in subclinical mastitis cases and to determine the antibiotic susceptibility of the isolates in small-scale dairy herds in Morocco. Milk samples were collected from lactating cows and screened for subclinical mastitis using the California Mastitis Test. Positive samples were cultured, and Staphylococcus aureus was identified through conventional bacteriological and biochemical tests and confirmed by polymerase chain reaction. Antibiotic susceptibility was assessed using the disk diffusion method, and the presence of the mecA gene was investigated. Information on milking hygiene and herd management was collected through farmer interviews. The findings revealed a high frequency of subclinical mastitis, with Staphylococcus aureus being one of the most frequently isolated pathogens. The isolates showed high resistance to penicillin and tetracycline, while most remained susceptible to gentamicin and cefoxitin, and methicillin-resistant strains were detected in some herds. Poor milking hygiene, the absence of teat disinfection and the uncontrolled use of antibiotics were identified as major risk factors. The study recommends regular mastitis screening, improved milking practices and prudent antibiotic use.

**Keywords:** Subclinical mastitis, Staphylococcus aureus, antibiotic susceptibility, dairy herds, Morocco

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES RETROFITTED WITH CARBON FIBER REINFORCED POLYMER JACKETING IN HIGH-RISK ZONES

**Prof. Dr. Nurlan Abenov[1], Aigerim Sultanova[1], Yerlan Tulegenov[2], Dr. Zhanna Karimova[3]**

[1]Satbayev University, Institute of Architecture and Civil Engineering, Department of Construction and Building Materials, Almaty, Kazakhstan

[2]Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering, Faculty of General Construction, Almaty, Kazakhstan

[3]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Faculty of Architecture and Construction, Department of Construction, Astana, Kazakhstan

## ABSTRACT

A large proportion of existing reinforced concrete frame buildings in seismically active regions were designed according to older codes that did not fully account for ductility, confinement and capacity design principles. As a result, many of these structures exhibit deficiencies such as inadequate transverse reinforcement, weak column and strong beam mechanisms, insufficient lap splice lengths and poor detailing of beam-column joints, making them highly vulnerable to strong ground motion. Retrofitting with carbon fiber reinforced polymer jacketing has emerged as an effective technique for improving the seismic performance of such buildings, offering high strength-to-weight ratio, corrosion resistance and ease of application with minimal disruption to occupants. This study assesses the seismic performance of reinforced concrete frame structures retrofitted with carbon fiber reinforced polymer jacketing in high-risk seismic zones, with particular reference to the city of Almaty in Kazakhstan. The research combines an experimental program on scaled column and beam-column joint specimens tested under reversed cyclic loading with nonlinear static pushover analysis and nonlinear time history analysis of representative multi-storey frame buildings. Ground motion records compatible with the regional seismic hazard were used in the numerical simulations. The findings indicate that carbon fiber reinforced polymer jacketing significantly increases the confinement, shear strength, ductility and energy dissipation capacity of deficient columns and joints, delaying the formation of brittle failure mechanisms. At the structural level, retrofitted frames showed reduced inter-storey drifts, a more favorable distribution of plastic hinges and improved collapse resistance compared with unretrofitted frames. However, the effectiveness of the technique depends on surface preparation, anchorage details and the quality of installation. The study concludes that carbon fiber reinforced polymer jacketing is a reliable and practical retrofitting solution and recommends its inclusion in national seismic rehabilitation guidelines.

**Keywords:** Seismic retrofitting, carbon fiber reinforced polymer, reinforced concrete frames, nonlinear analysis, earthquake engineering

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INTEGRATION OF BUILDING INFORMATION MODELING AND ENERGY SIMULATION FOR SUSTAINABLE RESIDENTIAL ARCHITECTURE IN CONTINENTAL CLIMATE CONDITIONS

**Assoc. Prof. Dr. Dmitriy Ivanov[1], Madina Zhaksybekova[2]**
[1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Faculty of Architecture and Construction, Department of Architecture, Astana, Kazakhstan
[2]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Faculty of Architecture and Construction, Karaganda, Kazakhstan

## ABSTRACT

Residential buildings account for a substantial share of energy consumption and greenhouse gas emissions, particularly in regions with harsh continental climates characterized by long, extremely cold winters, hot summers and large daily and seasonal temperature variations. In such contexts, heating demand dominates energy use, and decisions made at the early design stage regarding building form, orientation, envelope construction and glazing have a decisive influence on long-term energy performance. Building Information Modeling offers a collaborative digital environment that integrates geometric, material and technical data, while energy simulation tools allow designers to predict building performance under different scenarios. Their integration has the potential to transform sustainable design into an evidence-based process. This study investigates the integration of Building Information Modeling and energy simulation for sustainable residential architecture in continental climate conditions, with a focus on Kazakhstan. The research develops an integrated workflow in which architectural models are transferred to energy simulation software through interoperable data formats and applied to a case study of a multi-storey residential building. Design alternatives involving building orientation, window-to-wall ratio, insulation thickness, thermal bridging, glazing types and ventilation with heat recovery were evaluated. The findings show that the integrated approach allows rapid comparison of design options and identifies combinations of envelope improvements and passive strategies that substantially reduce heating demand while maintaining indoor thermal comfort. Improved insulation of walls and roofs, high-performance glazing and the treatment of thermal bridges produced the greatest benefits. However, interoperability problems, data loss during model exchange and the limited availability of local climate and material data were identified as obstacles. The study concludes that integrating these tools supports energy-efficient residential design and recommends standardized workflows and professional training.

**Keywords:** Building Information Modeling, energy simulation, sustainable architecture, continental climate, residential buildings

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# FINITE ELEMENT ANALYSIS OF LONG-SPAN STEEL TRUSS BRIDGES UNDER COMBINED THERMAL AND DYNAMIC TRAFFIC LOADING

**Prof. Dr. Goran Stojanovski[1], Marija Petrovska[1], Assis. Prof. Dr. Ilija Nikolov[2], Ana Trajkovska[3], Dr. Vladimir Angelov[2]**
[1]Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Civil Engineering, Department of Steel and Timber Structures, Skopje, North Macedonia
[2]Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, North Macedonia
[3]University "St. Kliment Ohridski" Bitola, Faculty of Technical Sciences, Bitola, North Macedonia

## ABSTRACT

Long-span steel truss bridges are critical components of transportation networks, valued for their structural efficiency, high strength-to-weight ratio and ability to span wide rivers and valleys. During their service life, these structures are subjected to a complex combination of actions, among which temperature variations and dynamic traffic loads are particularly significant. Daily and seasonal temperature changes induce expansion, contraction and thermal gradients that generate additional stresses when movements are restrained, while moving vehicles produce dynamic amplification, vibration and repeated stress cycles that contribute to fatigue damage. The interaction of these effects is often simplified or treated separately in conventional design practice. This study presents a finite element analysis of long-span steel truss bridges under combined thermal and dynamic traffic loading. A detailed three-dimensional finite element model of a representative steel truss bridge was developed, incorporating truss members, deck system, bearings and connections. Thermal actions were defined on the basis of uniform temperature changes and vertical and transverse gradients, while traffic loads were simulated as moving vehicle models traversing the bridge at different speeds, including the effects of road surface roughness. The model was calibrated using results from field measurements of temperature and vibration. The findings indicate that the combination of thermal and dynamic loading leads to stress levels in certain truss members and connections that are noticeably higher than those obtained when each action is considered independently. Bearing restraint conditions strongly influence thermal stresses, and dynamic amplification increases with vehicle speed and surface irregularities. Critical fatigue-prone details were identified at gusset plate connections and cross-girder joints. The study concludes that combined load effects should be explicitly considered in design and assessment, and it recommends structural health monitoring and improved bearing maintenance.

**Keywords:** Finite element analysis, steel truss bridges, thermal loading, dynamic traffic loading, fatigue

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ADAPTIVE REUSE OF INDUSTRIAL HERITAGE BUILDINGS AS A STRATEGY FOR URBAN REGENERATION AND CULTURAL SUSTAINABILITY

**Biljana Ristovska[1], Assoc. Prof. Dr. Kiril Dimitrov[2]**
[1]Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Architecture, Skopje, North Macedonia
[2]University American College Skopje, School of Architecture and Design, Skopje, North Macedonia

## ABSTRACT

Deindustrialization and economic restructuring have left many cities with abandoned factories, warehouses, power plants, railway facilities and other industrial structures. These buildings often occupy strategic urban locations and possess significant architectural, historical and social value as tangible witnesses to the industrial past and the lives of the communities that worked in them. Yet when left unused, they deteriorate, create areas of urban decline and are frequently threatened by demolition. Adaptive reuse, which involves transforming obsolete buildings for new functions while preserving their essential character, has gained recognition as a sustainable approach that combines heritage conservation, environmental responsibility and urban regeneration. This study examines the adaptive reuse of industrial heritage buildings as a strategy for urban regeneration and cultural sustainability, with particular reference to the Western Balkans and selected European examples. Using a qualitative and comparative case study approach, the research analyzes architectural documentation, planning policies and completed reuse projects, complemented by site observations and interviews with architects, urban planners, heritage experts, local authorities and users. The findings show that successful adaptive reuse projects have converted industrial buildings into cultural centers, creative hubs, educational facilities, museums and mixed-use spaces, revitalizing surrounding neighborhoods and strengthening local identity. Reuse also reduces construction waste and embodied carbon compared with demolition and new construction. Key success factors include sensitive architectural intervention, flexible programming, community participation and supportive legal and financial frameworks. However, obstacles such as unclear ownership, structural and contamination problems, limited funding, weak protection of industrial heritage and pressure from real estate development were also identified. The study concludes that adaptive reuse can serve as an effective tool for sustainable urban development when integrated into heritage policy and strategic planning.

**Keywords:** Adaptive reuse, industrial heritage, urban regeneration, cultural sustainability, architectural conservation

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LATERITIC SOIL STABILIZATION USING RICE HUSK ASH AND CEMENT FOR LOW-COST ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION

**Prof. Dr. Chinedu Okafor**[1]
[1]University of Nigeria, Nsukka, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Nsukka, Nigeria

## ABSTRACT

Lateritic soils are widely distributed in tropical regions and are commonly used as construction materials for road subgrades, subbases and bases, particularly in low-volume rural roads. However, many lateritic soils exhibit undesirable engineering properties, including high plasticity, low bearing capacity, susceptibility to moisture and volume changes, which lead to premature pavement failure. Conventional stabilization with cement or lime can improve these properties, but the high cost and environmental impact of cement production limit its use in low-cost road projects. Agricultural wastes such as rice husk ash, which is rich in amorphous silica and exhibits pozzolanic activity, offer a promising and sustainable alternative for partially replacing cement. This study presents an experimental investigation of lateritic soil stabilization using rice husk ash and cement for low-cost road pavement construction in Nigeria. Lateritic soil samples were collected from borrow pits and characterized through particle size distribution, Atterberg limits, specific gravity and compaction tests. The soil was then treated with varying combinations of cement and rice husk ash, and the stabilized mixtures were tested for maximum dry density, optimum moisture content, California bearing ratio, unconfined compressive strength and durability under wetting and drying cycles. Microstructural changes were examined using scanning electron microscopy. The findings show that the addition of rice husk ash together with a reduced quantity of cement significantly decreased plasticity and improved strength, bearing capacity and durability compared with untreated soil. Optimal blends met the requirements of national specifications for subbase and base materials while reducing cement consumption. Microstructural analysis confirmed the formation of cementitious compounds that bind soil particles. The study concludes that rice husk ash and cement stabilization provides an economical and environmentally friendly solution for rural road construction.

**Keywords:** Lateritic soil, soil stabilization, rice husk ash, cement, low-cost road construction

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# OPTIMIZATION OF PASSIVE COOLING TECHNIQUES IN VERNACULAR ARCHITECTURE FOR TROPICAL CLIMATE ENERGY EFFICIENCY

**Assoc. Prof. Dr. Funmilayo Adeyemi[1], Ibrahim Musa[2], Blessing Eze[3], Dr. Olusegun Bamidele[1], Ngozi Uchenna[3], Assis. Prof. Dr. Tunde Afolabi[4]**

[1]Obafemi Awolowo University, Faculty of Environmental Design and Management, Department of Architecture, Ile-Ife, Nigeria

[2]Ahmadu Bello University, Faculty of Environmental Design, Department of Architecture, Zaria, Nigeria

[3]University of Nigeria, Enugu Campus, Faculty of Environmental Studies, Department of Architecture, Enugu, Nigeria

[4]Covenant University, College of Science and Technology, Department of Architecture, Ota, Nigeria

## ABSTRACT

Rapid urbanization and the widespread adoption of modern building forms in tropical regions have led to increasing dependence on mechanical air conditioning, resulting in high energy consumption, rising costs and greater greenhouse gas emissions. In many cases, contemporary buildings ignore climatic conditions, relying on large glazed surfaces, lightweight materials and sealed envelopes that trap heat. By contrast, vernacular architecture developed over generations embodies valuable knowledge of passive cooling strategies adapted to local climates, materials and ways of life. Traditional buildings in West Africa, for example, employ thick earthen walls, courtyards, deep verandas, raised and ventilated roofs, careful orientation and shaded openings to maintain comfortable indoor conditions without mechanical systems. This study investigates the optimization of passive cooling techniques derived from vernacular architecture to improve energy efficiency in tropical climates, with a focus on Nigeria's hot-humid and hot-dry climatic zones. The research combines field surveys and indoor environmental measurements in selected traditional and contemporary buildings with dynamic thermal simulation and parametric optimization of key design variables, including orientation, wall materials, roof form, courtyard geometry, shading devices and natural ventilation strategies. The findings indicate that vernacular buildings generally provide better thermal comfort than many contemporary buildings, owing to their thermal mass, shading and effective cross-ventilation. Optimized combinations of passive strategies adapted to each climatic zone significantly reduced indoor temperatures and the number of overheating hours, thereby lowering cooling energy demand. Natural ventilation was most effective in hot-humid areas, while thermal mass and night ventilation performed best in hot-dry regions. The study concludes that integrating vernacular principles with modern design tools offers a cost-effective path toward energy-efficient and culturally appropriate tropical architecture.

**Keywords:** Passive cooling, vernacular architecture, tropical climate, energy efficiency, thermal comfort

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DURABILITY AND MECHANICAL BEHAVIOR OF SELF-COMPACTING CONCRETE INCORPORATING RECYCLED COARSE AGGREGATES AND SILICA FUME

**Dr. Yusuf Abdullahi[1], Chidinma Obi[2], Prof. Dr. Hassan Danjuma[1]**
[1]Bayero University Kano, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Kano, Nigeria
[2]Nnamdi Azikiwe University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Awka, Nigeria

## ABSTRACT

The construction industry consumes vast quantities of natural aggregates and generates large volumes of construction and demolition waste, creating serious environmental and economic challenges. The use of recycled coarse aggregates obtained from crushed concrete offers a sustainable means of conserving natural resources and reducing landfill disposal. However, recycled aggregates typically have higher water absorption, lower density and weaker adhered mortar than natural aggregates, which can adversely affect the fresh and hardened properties of concrete. Self-compacting concrete, which flows and consolidates under its own weight without mechanical vibration, places particularly high demands on the properties of its constituents. Silica fume, a highly reactive pozzolanic material, has the potential to compensate for the weaknesses of recycled aggregates by refining the pore structure and strengthening the interfacial transition zone. This study investigates the durability and mechanical behavior of self-compacting concrete incorporating recycled coarse aggregates and silica fume. Concrete mixtures were prepared with different levels of replacement of natural coarse aggregates by recycled aggregates and with varying contents of silica fume as partial cement replacement. Fresh properties were evaluated through slump flow, V-funnel, L-box and segregation resistance tests. Hardened concrete was tested for compressive, splitting tensile and flexural strength and modulus of elasticity, while durability was assessed through water absorption, sorptivity, chloride ion penetration and resistance to acid attack. The findings show that increasing the proportion of recycled aggregates reduced workability, strength and durability, but the incorporation of silica fume substantially mitigated these effects. Mixtures with an optimal combination achieved mechanical and durability performance comparable to control concrete. The study concludes that self-compacting concrete with recycled aggregates and silica fume is a viable sustainable material for structural applications.

**Keywords:** Self-compacting concrete, recycled coarse aggregates, silica fume, durability, sustainable construction

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# RESILIENCE-BASED DESIGN OF URBAN DRAINAGE INFRASTRUCTURE FOR FLOOD MITIGATION UNDER CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN DENSE COASTAL CITIES

**Prof. Dr. Tan Wei Ming[1], Lim Hui Ling[1], Assoc. Prof. Dr. Rajesh Kumar[2], Nurul Aisyah Binte Rahman[3]**

[1]National University of Singapore, College of Design and Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Singapore

[2]Nanyang Technological University, School of Civil and Environmental Engineering, Singapore

[3]Singapore University of Technology and Design, Engineering Systems and Design Pillar, Singapore

## ABSTRACT

Dense coastal cities are increasingly exposed to flood risks arising from the combined effects of intense rainfall, sea level rise, storm surges and rapid urbanization. Climate change is expected to increase the frequency and intensity of extreme precipitation events, while the expansion of impervious surfaces reduces infiltration and accelerates runoff. Conventional urban drainage systems, typically designed on the basis of historical rainfall statistics and the principle of rapid conveyance, may become insufficient under future conditions, leading to more frequent surface flooding, damage to infrastructure and disruption of urban life. A shift from traditional risk-based design toward resilience-based approaches is therefore needed, focusing not only on preventing failure but also on the system's capacity to absorb, adapt to and recover from extreme events. This study develops a resilience-based design framework for urban drainage infrastructure aimed at flood mitigation under climate change scenarios in dense coastal cities, with Singapore as a case study. The research integrates downscaled climate projections with hydrological and hydraulic modeling of an urban catchment, simulating the performance of the drainage network under a range of future rainfall and tidal conditions. Resilience was assessed using indicators of flood volume, duration, extent and recovery time. Alternative strategies were evaluated, including the enlargement of drains, detention tanks, green roofs, bioretention systems, permeable pavements and multifunctional urban spaces designed to store water temporarily. The findings indicate that combining conventional grey infrastructure with blue-green solutions provides greater resilience than either approach alone, reducing peak flows and accelerating recovery. Coordinated management of tidal gates and reservoirs was also found to be important. The study concludes that resilience-based design should guide future drainage planning in coastal cities.

**Keywords:** Urban drainage, flood resilience, climate change, blue-green infrastructure, coastal cities

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS IN CNC TURNING OF STAINLESS STEEL USING TAGUCHI-BASED SURFACE ROUGHNESS ANALYSIS

**Sardor Ergashev, Assis. Prof. Dr. Nodira Karimova**
Faculty of Mechanical Engineering, Tashkent State Technical University, Uzbekistan

## ABSTRACT

This study investigates the optimization of cutting parameters in the CNC turning of stainless steel through a Taguchi-based analysis of surface roughness. Stainless steel is widely used in mechanical, medical, chemical, and energy-related applications because of its strength and corrosion resistance. However, its low thermal conductivity and tendency to work harden make it challenging to machine efficiently. Surface roughness is therefore an important indicator of machining quality, dimensional accuracy, and component performance.

The research examines the influence of cutting speed, feed rate, and depth of cut on the surface quality of turned stainless-steel specimens. A Taguchi experimental design is used to organize the machining trials and identify an efficient combination of process parameters. Surface roughness measurements are evaluated through signal-to-noise analysis, analysis of variance, and response interpretation. The results indicate that feed rate has the most significant effect on surface roughness because it directly influences tool marks and the geometric texture generated on the machined surface. Cutting speed also affects the process by changing cutting temperature, chip formation, and tool–workpiece interaction, while depth of cut has a comparatively limited influence within the selected operating range.

The study demonstrates that Taguchi methodology can reduce experimental effort while providing a systematic basis for process optimization. The optimized parameter combination improves surface quality and supports more consistent machining performance. The findings are relevant to manufacturers seeking to reduce rework, tool wear, and production costs in stainless-steel components. The paper concludes that statistical process optimization, combined with appropriate tool selection and machining control, can contribute significantly to sustainable and high-quality CNC production.[irjet][irjet]

**Key words:** CNC turning, stainless steel, Taguchi method, surface roughness, machining optimization

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRESS DISTRIBUTION IN COMPOSITE LEAF SPRINGS FOR LIGHTWEIGHT AUTOMOTIVE SUSPENSION SYSTEMS

**Prof. Dr. Chih-Ming Lin, Yu-Hsuan Chang, Wei-Chen Huang, Dr. Ping-Hung Tsai**
Department of Mechanical Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

## ABSTRACT

This study analyzes the stress distribution and structural behavior of composite leaf springs designed for lightweight automotive suspension systems. Leaf springs are required to support vehicle loads, absorb road-induced shocks, and maintain stable suspension performance. Conventional steel leaf springs offer high strength but contribute significantly to vehicle weight and may be vulnerable to corrosion and fatigue. Fiber-reinforced polymer composites provide an alternative because of their low density, high specific strength, and capacity for tailored stiffness.

A three-dimensional finite element model is developed to evaluate deformation, equivalent stress, strain distribution, and safety performance under representative static loading conditions. Different composite material configurations and fiber orientations are considered to assess their influence on structural response. The analysis focuses on stress concentration near the spring eye, central region, and load-bearing interfaces, where failure is most likely to occur. The results indicate that composite leaf springs can reduce structural mass while maintaining acceptable deformation and stress levels when the laminate arrangement is properly designed.

The findings also show that fiber orientation plays a central role in distributing load and controlling bending behavior. Appropriate reinforcement sequencing can reduce local stress concentration and improve structural reliability. The study emphasizes that numerical modeling is valuable during the early design stage because it allows engineers to compare material systems before costly prototype production. The paper concludes that composite leaf springs are promising for lightweight automotive applications, provided that fatigue behavior, manufacturing quality, and long-term environmental durability are considered in future development

**Key words:** composite leaf spring, finite element analysis, stress distribution, automotive suspension, lightweight design

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DEVELOPMENT OF A HYBRID PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING MODULE FOR VIBRATION-DRIVEN INDUSTRIAL SENSOR APPLICATIONS

**Assoc. Prof. Dr. Kuan-Yu Chen, Hsiao-Ling Wu, Jia-Wei Yang, Mei-Fen Ho, Cheng-Hao Liu, Dr. Shu-Ping Kao**
Institute of Mechatronics and Energy Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

## ABSTRACT
This research presents the development of a hybrid piezoelectric energy harvesting module for vibration-driven industrial sensor applications. Industrial machinery produces continuous mechanical vibrations that are usually treated as undesirable effects, yet these vibrations can also serve as a local energy source for low-power monitoring systems. The study addresses the need for autonomous sensor technologies that can operate in remote, rotating, or difficult-to-access locations without frequent battery replacement.

The proposed module combines piezoelectric transducers, vibration-sensitive mechanical structures, and a power management circuit designed to convert irregular mechanical motion into usable electrical energy. The research examines the relationship between excitation frequency, structural resonance, piezoelectric configuration, and energy output. Particular attention is given to the limitations of conventional narrow-band harvesters, which may perform efficiently only when environmental vibration remains close to their natural frequency. A hybrid design is therefore developed to broaden the operating range and improve energy availability under changing industrial conditions.

The study suggests that combining multiple harvesting elements and suitable electrical regulation can improve the continuity and reliability of power delivery to wireless sensors. The module is intended to support applications such as machinery condition monitoring, predictive maintenance, and industrial Internet of Things networks. The findings indicate that vibration-based harvesting is most effective when transducer selection, mechanical tuning, and energy consumption are considered as one integrated system.

The paper concludes that hybrid piezoelectric modules can contribute to self-powered industrial sensing by reducing dependence on batteries and simplifying maintenance in inaccessible environments

**Key words:** piezoelectric energy harvesting, industrial sensors, vibration energy, wireless monitoring, smart manufacturing

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS STUDY OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT IN MICROCHANNEL HEAT SINKS USING NANOFLUID COOLANTS

**Prof. Dr. Md. Rafiqul Islam, Tahmina Akter**
Department of Mechanical Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh

## ABSTRACT

This study investigates heat transfer enhancement in microchannel heat sinks using nanofluid coolants through computational fluid dynamics analysis. Microchannel heat sinks are increasingly important in the thermal management of electronic devices, power modules, and compact energy systems because they provide a large heat-transfer area within a small volume. However, high heat flux and restricted flow passages create significant challenges related to temperature control, pressure loss, and pumping power.

A numerical model is developed to analyze fluid flow and thermal behavior inside a microchannel heat sink under different operating conditions. The study compares the performance of a conventional base fluid with nanofluids containing dispersed conductive nanoparticles. The analysis evaluates temperature distribution, heat-transfer coefficient, pressure drop, and overall thermal-hydraulic performance. The results indicate that nanofluid coolants can improve heat removal by increasing effective thermal conductivity and modifying the thermal boundary layer. Nevertheless, greater particle concentration may also increase viscosity and pressure loss, reducing the practical advantage of the coolant.

The findings emphasize the importance of balancing thermal improvement with pumping requirements. Channel geometry, flow regime, particle properties, and inlet conditions must be considered together when designing an efficient microchannel system. The study also highlights the value of computational fluid dynamics as a cost-effective tool for predicting complex thermal and flow behavior before experimental fabrication.

The paper concludes that properly designed nanofluid-cooled microchannel heat sinks can provide improved thermal management for compact electronic systems. Future development should focus on stability, particle deposition, environmental safety, and the long-term reliability of nanofluid operation.

**Key words:** microchannel heat sink, nanofluid, computational fluid dynamics, heat transfer, thermal management

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF A LOW-COST SOLAR-POWERED WATER PUMPING SYSTEM FOR RURAL AGRICULTURAL IRRIGATION

**Abdullah Al Mamun, Assoc. Prof. Dr. Shahriar Hossain, Nusrat Jahan, Dr. Kamrul Hasan Bhuiyan, Fatema Begum**
Department of Agricultural Engineering, Bangladesh Agricultural University, Bangladesh

## ABSTRACT
This study presents the design and performance evaluation of a low-cost solar-powered water pumping system for rural agricultural irrigation. Farmers in remote areas often depend on diesel-powered pumps, which are affected by fuel costs, maintenance requirements, and unreliable access to energy. Solar-powered irrigation provides an alternative that can reduce operating expenses while supporting cleaner and more sustainable agricultural production.

The proposed system integrates photovoltaic panels, a water pump, a storage or distribution arrangement, and a simple control mechanism suitable for rural operation. The design emphasizes locally available components, ease of maintenance, and compatibility with small and medium-sized farms. Performance evaluation considers water delivery, pumping consistency, energy conversion, field usability, and the relationship between solar availability and irrigation demand. The analysis indicates that the system can provide reliable daytime irrigation when appropriately matched to crop requirements and local solar conditions.

The study also emphasizes the importance of water management. Solar pumping should be combined with efficient irrigation methods to prevent excessive groundwater extraction and reduce water loss. The findings suggest that drip or controlled-flow irrigation can improve the overall value of the system by using pumped water more efficiently. Training and local technical support are also essential for ensuring long-term operation.

The paper concludes that low-cost solar pumping can contribute to rural energy access, agricultural productivity, and climate-resilient farming. With suitable design adaptation, financing support, and farmer training, solar irrigation systems can reduce dependence on fossil fuels and strengthen the sustainability of rural agricultural communities in Bangladesh.

**Key words:** solar water pumping, rural irrigation, photovoltaic energy, agricultural engineering, Bangladesh

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# WEAR AND FRICTION CHARACTERIZATION OF SILICON CARBIDE-REINFORCED ALUMINUM MATRIX COMPOSITES FABRICATED BY STIR CASTING

**Assis. Prof. Dr. Mohammad Saiful Alam, Rezaul Karim, Sadia Islam**
Department of Materials and Metallurgical Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh

## ABSTRACT

This study investigates the wear and friction behavior of silicon carbide-reinforced aluminum matrix composites fabricated through the stir-casting process. Aluminum matrix composites are increasingly used in transportation, aerospace, and machinery applications because they combine low density with improved stiffness and wear resistance. The incorporation of silicon carbide particles can enhance surface durability, although uniform particle distribution and strong matrix bonding remain important manufacturing challenges.

The research evaluates how reinforcement content, particle dispersion, applied load, and sliding condition influence frictional behavior and material loss. Stir casting is selected because it is relatively simple, cost-effective, and suitable for producing composite components on an industrial scale. The study examines the microstructural distribution of silicon carbide particles and relates it to wear mechanisms such as adhesive wear, abrasive wear, delamination, and localized plastic deformation.

The findings suggest that properly dispersed silicon carbide particles improve resistance to material removal by supporting the aluminum matrix and reducing direct metal-to-metal contact. The reinforced composite also demonstrates more stable friction behavior under demanding sliding conditions. However, excessive reinforcement or poor stirring may produce clustering and porosity, which can increase surface damage and reduce mechanical reliability. Therefore, process control is essential for achieving a balanced combination of hardness, toughness, and wear resistance.

The paper concludes that silicon carbide-reinforced aluminum composites fabricated by stir casting are promising for lightweight components subjected to repeated friction and sliding. Further research should examine fatigue wear, high-temperature performance, corrosion behavior, and the relationship between processing conditions and long-term service reliability.

**Key words:** aluminum matrix composite, silicon carbide, wear behavior, friction, stir casting

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# COMPARATIVE ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN URBAN RIVER SEDIMENTS UNDER SEMI-ARID CLIMATIC CONDITIONS

**Prof. Dr. Bekzod Rakhimov[1], Nilufar Yusupova[1], Assoc. Prof. Dr. Sardor Karimov[2]**
[1]National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Faculty of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Tashkent, Uzbekistan
[2]"TIIAME" National Research University, Faculty of Ecology and Water Resources Management, Tashkent, Uzbekistan

## ABSTRACT

Urban rivers in semi-arid regions are particularly vulnerable to pollution, as low and irregular flows, high evaporation rates and intensive water withdrawal for irrigation limit their natural capacity for dilution and self-purification. Heavy metals released from industrial discharges, untreated or partially treated wastewater, urban runoff, vehicle emissions and agricultural activities tend to accumulate in river sediments, which act as both a sink and a potential secondary source of contamination. Because heavy metals are persistent, non-biodegradable and toxic even at low concentrations, their accumulation in sediments poses long-term risks to aquatic ecosystems, irrigated agriculture and human health. This study presents a comparative assessment of heavy metal contamination in urban river sediments under semi-arid climatic conditions, focusing on rivers and canals flowing through major cities of Uzbekistan. Sediment samples were collected upstream, within and downstream of urban areas during dry and wet seasons and analyzed for cadmium, lead, chromium, copper, nickel, zinc and arsenic using inductively coupled plasma mass spectrometry. Contamination levels were evaluated using the geoaccumulation index, contamination factor, pollution load index and potential ecological risk index, while multivariate statistical methods were applied to identify likely pollution sources. The findings reveal that sediments in urban and downstream sections are considerably more contaminated than those upstream, with cadmium, lead and zinc presenting the highest ecological risk. Contamination was greater during the dry season, reflecting reduced flow and increased concentration of pollutants. Source analysis indicated a combination of industrial, traffic-related and agricultural inputs. The study concludes that improved wastewater treatment, industrial effluent control, regular sediment monitoring and integrated river basin management are essential for protecting water quality in semi-arid urban environments.

**Keywords:** Heavy metals, river sediments, semi-arid regions, ecological risk assessment, Uzbekistan

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MEMBRANE BIOREACTOR PERFORMANCE FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE IN WATER-STRESSED REGIONS OF CENTRAL ASIA

**Dr. Dilnoza Abdullayeva[1], Otabek Tursunov[1], Prof. Dr. Jamshid Ismoilov[2], Malika Sattorova[3], Assis. Prof. Dr. Farrukh Nazarov[2]**

[1]Tashkent University of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering Communications, Department of Water Supply and Sewerage, Tashkent, Uzbekistan
[2]Tashkent State Technical University, Faculty of Chemical Technology, Department of Environmental Engineering, Tashkent, Uzbekistan
[3]Samarkand State University, Faculty of Biology, Department of Ecology, Samarkand, Uzbekistan

## ABSTRACT

Central Asia faces growing water scarcity as a result of climate change, population growth, expanding urban areas and the heavy demands of irrigated agriculture. The legacy of the Aral Sea crisis has further highlighted the urgent need for more sustainable water management. In this context, the treatment and reuse of municipal wastewater represents a valuable opportunity to supplement limited freshwater resources for agricultural irrigation, urban landscaping and industrial purposes. Membrane bioreactor technology, which combines biological treatment with membrane filtration, produces high-quality effluent with low levels of suspended solids, organic matter and pathogens, and requires a smaller footprint than conventional activated sludge systems. This study evaluates the performance of membrane bioreactor technology for municipal wastewater reuse in water-stressed regions of Central Asia, with a focus on Uzbekistan. A pilot-scale submerged membrane bioreactor was operated at a municipal wastewater treatment plant under varying operating conditions, including different hydraulic and sludge retention times and seasonal temperature variations. Influent and effluent quality was monitored for chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, nitrogen and phosphorus compounds, suspended solids and indicator microorganisms. Membrane fouling behavior and energy consumption were also assessed. The findings show that the membrane bioreactor achieved consistently high removal of organic matter, suspended solids and fecal indicator bacteria, producing effluent that met international guidelines for agricultural reuse. Nitrogen removal was effective but declined during cold winter periods. Membrane fouling was the main operational challenge and was strongly influenced by sludge characteristics and temperature, while energy demand remained a significant cost factor. The study concludes that membrane bioreactor technology is a promising solution for safe wastewater reuse in Central Asia, provided that fouling control strategies, energy optimization and appropriate regulatory frameworks are developed.

**Keywords:** Membrane bioreactor, wastewater reuse, water scarcity, Central Asia, membrane fouling

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF PHARMACEUTICAL POLLUTANTS USING MODIFIED TITANIUM DIOXIDE NANOCOMPOSITES

**Prof. Dr. Ahmed El-Sayed[1], Mona Abdelrahman[2]**
[1]Cairo University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Giza, Egypt
[2]National Research Centre, Environmental Research Institute, Water Pollution Research Department, Giza, Egypt

## ABSTRACT

Pharmaceutical compounds such as antibiotics, analgesics, anti-inflammatory drugs and hormones are increasingly detected in surface water, groundwater and wastewater effluents. These contaminants enter the environment through human excretion, improper disposal of unused medicines, hospital effluents and pharmaceutical manufacturing. Conventional wastewater treatment plants are not designed to remove such compounds effectively, and their persistence even at trace concentrations raises concern about ecotoxicity, endocrine disruption and the development of antimicrobial resistance. Advanced oxidation processes, particularly heterogeneous photocatalysis, have attracted considerable attention as efficient methods for degrading these pollutants. Titanium dioxide is the most widely studied photocatalyst because of its chemical stability, low toxicity and low cost, but its wide band gap restricts activation mainly to ultraviolet light and its efficiency is limited by the rapid recombination of photogenerated charge carriers. This study investigates the photocatalytic degradation of pharmaceutical pollutants using modified titanium dioxide nanocomposites. Nanocomposites were synthesized by doping titanium dioxide with nitrogen and silver and by coupling it with graphene oxide through a sol-gel and hydrothermal approach. The materials were characterized by X-ray diffraction, scanning and transmission electron microscopy, Fourier transform infrared spectroscopy and diffuse reflectance spectroscopy. Their photocatalytic activity was evaluated for the degradation of selected pharmaceuticals, including ciprofloxacin, diclofenac and paracetamol, under ultraviolet and simulated solar irradiation. The findings show that the modified nanocomposites exhibited a narrower band gap, enhanced visible light absorption and reduced charge recombination, resulting in significantly faster degradation compared with pure titanium dioxide. The catalysts retained high activity after repeated cycles. The study concludes that modified titanium dioxide nanocomposites are promising materials for removing pharmaceutical pollutants from water.

**Keywords:** Photocatalysis, titanium dioxide, nanocomposites, pharmaceutical pollutants, advanced oxidation processes

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# LIFE CYCLE ANALYSIS OF SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGIES IN RAPIDLY EXPANDING COASTAL CITIES

**Dr. Karim Mahmoud[1], Fatma Hassan[1], Assoc. Prof. Dr. Youssef Ibrahim[2], Nourhan Farouk[2]**

[1]Alexandria University, Faculty of Engineering, Department of Sanitary and Environmental Engineering, Alexandria, Egypt

[2]Ain Shams University, Faculty of Engineering, Department of Public Works, Cairo, Egypt

## ABSTRACT

Rapid urban growth in coastal cities is generating increasing quantities of municipal solid waste, placing heavy pressure on collection systems, disposal sites and the surrounding environment. In many developing countries, waste management still relies largely on open dumping and poorly controlled landfills, leading to soil and groundwater contamination, greenhouse gas emissions, marine litter and risks to public health. Coastal cities face additional challenges, including limited land availability, high groundwater levels, seasonal population increases linked to tourism and the direct impact of waste on marine ecosystems. Selecting appropriate waste management strategies therefore requires a comprehensive evaluation of their environmental consequences. This study applies life cycle analysis to compare solid waste management strategies in rapidly expanding coastal cities, using Alexandria in Egypt as a case study. Following international life cycle assessment standards, the research evaluates several scenarios, including the current practice of landfilling with limited recovery, sanitary landfilling with gas capture, increased source separation and recycling, composting of organic waste, anaerobic digestion and waste-to-energy incineration, as well as integrated combinations of these options. Data were obtained from municipal records, field surveys of waste composition and relevant life cycle inventory databases. Environmental impacts were assessed in terms of global warming potential, acidification, eutrophication, human toxicity and resource depletion. The findings indicate that the current system produces the highest environmental burden, mainly due to methane emissions from uncontrolled disposal. Integrated scenarios that combine source separation, recycling, biological treatment of organic waste and sanitary landfilling of residues achieved the greatest environmental benefits. The study concludes that integrated waste management strategies, supported by public participation, institutional capacity and investment in infrastructure, are essential for sustainable coastal cities.

**Keywords:** Life cycle assessment, solid waste management, coastal cities, recycling, greenhouse gas emissions

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MICROPLASTIC OCCURRENCE AND SEASONAL DISTRIBUTION IN COLD-WATER FJORD ECOSYSTEMS

**Prof. Dr. Lars Haugen[1], Ingrid Solberg[1], Dr. Magnus Berg[2]**
[1]University of Bergen, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Biological Sciences, Bergen, Norway
[2]Norwegian Institute for Water Research, Section for Marine Pollution, Oslo, Norway

## ABSTRACT

Microplastics have become one of the most pervasive forms of marine pollution, detected from coastal waters and deep-sea sediments to polar regions. Fjord ecosystems, characterized by deep basins, restricted water exchange, strong stratification and inputs from rivers, glaciers and coastal settlements, may act as important accumulation zones for these particles. Cold-water fjords support rich biodiversity, fisheries and aquaculture, and microplastic contamination may therefore have ecological as well as economic implications. However, knowledge of microplastic occurrence and seasonal dynamics in such environments remains limited. This study investigates the occurrence and seasonal distribution of microplastics in cold-water fjord ecosystems along the western coast of Norway. Surface water, water column and sediment samples were collected at stations from the inner to the outer parts of selected fjords during different seasons. Microplastics were extracted using density separation and digestion procedures, counted and classified by shape, size and color under stereomicroscopy, and polymer types were identified using Fourier transform infrared spectroscopy. Strict contamination control measures were applied throughout the analysis. The findings show that microplastics were present in all compartments, with fibers and fragments being the dominant shapes and polyethylene, polypropylene and polyester the most common polymers. Concentrations were generally higher in inner fjord areas close to settlements, wastewater outlets and aquaculture facilities. Seasonal variations were observed, with higher surface concentrations during periods of increased river discharge and snowmelt, while sediments in deep basins reflected long-term accumulation. The study concludes that fjords function as significant sinks for microplastics and recommends long-term monitoring, improved wastewater treatment and measures to reduce plastic losses from aquaculture and fisheries.

**Keywords:** Microplastics, fjord ecosystems, seasonal distribution, marine pollution, Norway

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# OPTIMIZATION OF ANAEROBIC DIGESTION FOR BIOGAS RECOVERY FROM FISH PROCESSING WASTE STREAMS

**Sofie Andersen[1], Assoc. Prof. Dr. Håkon Nilsen[2]**
[1]Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Science and Technology, Ås, Norway
[2]Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Department of Energy and Process Engineering, Trondheim, Norway

## ABSTRACT

The fish processing industry generates large quantities of by-products and waste streams, including heads, viscera, bones, skin, sludge and process wastewater rich in proteins and lipids. When improperly managed, these wastes cause odor problems, oxygen depletion in receiving waters and significant greenhouse gas emissions. At the same time, their high organic content makes them a valuable resource for energy recovery. Anaerobic digestion offers an attractive treatment option that converts organic matter into biogas while producing a nutrient-rich digestate that can be used as fertilizer. However, the digestion of fish waste is challenging because the degradation of proteins releases ammonia, and high lipid content can lead to long-chain fatty acid accumulation, both of which may inhibit methanogenic microorganisms and destabilize the process. This study investigates the optimization of anaerobic digestion for biogas recovery from fish processing waste streams in Norway. Batch biochemical methane potential tests and continuous laboratory-scale reactor experiments were carried out to evaluate the effects of co-digestion with carbon-rich substrates such as agricultural residues and food waste, organic loading rate, retention time, temperature and the addition of trace elements. Process stability was monitored through biogas production and composition, pH, volatile fatty acids, ammonia and alkalinity, and microbial community changes were examined using molecular techniques. The findings show that co-digestion significantly improved methane yield and process stability by balancing the carbon-to-nitrogen ratio and diluting inhibitory compounds. Thermophilic conditions increased biogas production but were more sensitive to ammonia inhibition than mesophilic conditions. Trace element supplementation enhanced methanogenic activity. The study concludes that optimized co-digestion offers an effective strategy for converting fish processing waste into renewable energy within a circular bioeconomy.

**Keywords:** Anaerobic digestion, biogas, fish processing waste, co-digestion, circular bioeconomy

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF DIETARY FIBRE FROM RYE BRAN FOR BAKERY APPLICATIONS

**Jonas Stankevičius[1], Assis. Prof. Dr. Vaida Butkutė[2]**
[1]Kaunas University of Technology, Faculty of Chemical Technology, Department of Food Science and Technology, Kaunas, Lithuania
[2]Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Plant Biology and Food Sciences, Kaunas, Lithuania

## ABSTRACT

Rye bran, a major by-product of rye milling, is a rich source of dietary fibre, particularly arabinoxylans, cellulose, beta-glucans and lignin, together with phenolic compounds, minerals and vitamins. Despite its nutritional value, much of the bran produced is used as low-value animal feed. Dietary fibre is associated with numerous health benefits, including improved digestive function, increased satiety, modulation of blood glucose and cholesterol levels, and support of a healthy gut microbiota, and there is growing consumer demand for fibre-enriched bakery products. Efficient and environmentally friendly extraction methods are therefore needed to recover high-quality fibre fractions from cereal by-products. This study investigates the optimization of ultrasound-assisted extraction of dietary fibre from rye bran for bakery applications. Ultrasound-assisted extraction was compared with conventional alkaline and enzymatic extraction, and response surface methodology was used to optimize key process variables, including ultrasonic power, extraction time, temperature and solvent-to-solid ratio. The extracted fibre fractions were characterized in terms of yield, chemical composition, molecular structure, water and oil holding capacity, swelling capacity and antioxidant activity. The optimized fibre was then incorporated into wheat bread formulations, and dough rheology, bread volume, crumb texture, color and sensory acceptability were assessed. The findings show that ultrasound treatment significantly increased fibre yield and reduced extraction time and chemical consumption compared with conventional methods, owing to cavitation effects that disrupt cell wall structures. The extracted fibre exhibited improved hydration properties and retained antioxidant activity. Moderate levels of fibre addition improved the nutritional profile of bread without substantially compromising quality, while higher levels reduced loaf volume. The study concludes that ultrasound-assisted extraction is an efficient and sustainable approach for valorizing rye bran.

**Keywords:** Ultrasound-assisted extraction, dietary fibre, rye bran, bakery products, response surface methodology

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EFFECT OF HIGH-PRESSURE PROCESSING ON MICROBIAL SAFETY AND SENSORY QUALITY OF FRESHLY PRESSED POMEGRANATE JUICE

**Prof. Dr. Mohamed El-Sayed[1], Ahmed Abdel-Rahman[1], Dr. Amira Hassan[2], Mostafa Kamel[3]**

[1]Cairo University, Faculty of Agriculture, Department of Food Science and Technology, Giza, Egypt

[2]Ain Shams University, Faculty of Agriculture, Department of Food Science, Cairo, Egypt

[3]Agricultural Research Center, Food Technology Research Institute, Giza, Egypt

## ABSTRACT

Pomegranate juice is highly valued for its attractive color, distinctive flavor and rich content of bioactive compounds, particularly anthocyanins, ellagitannins such as punicalagins, and other polyphenols with strong antioxidant activity. Consumer demand for fresh-like, minimally processed juices has increased considerably, but freshly pressed juices have a very short shelf life and may carry spoilage and pathogenic microorganisms. Conventional thermal pasteurization ensures microbial safety but can cause undesirable changes in color, flavor and nutritional value, including the degradation of heat-sensitive anthocyanins. High-pressure processing, a non-thermal technology that applies very high hydrostatic pressure at low or moderate temperatures, offers a promising alternative for preserving juice quality while ensuring safety. This study evaluates the effect of high-pressure processing on the microbial safety and sensory quality of freshly pressed pomegranate juice. Juice obtained from Egyptian pomegranate cultivars was subjected to high-pressure treatments at different pressure levels and holding times and compared with untreated and thermally pasteurized samples. Microbial inactivation was assessed for total aerobic bacteria, yeasts and molds, and inoculated Escherichia coli and Listeria monocytogenes. Physicochemical properties, total phenolic content, anthocyanin content, antioxidant activity and color were determined, and sensory evaluation was carried out by a trained panel during refrigerated storage. The findings show that high-pressure processing achieved substantial reductions in spoilage and pathogenic microorganisms, meeting recognized safety targets, and maintained microbial stability during storage. Compared with thermal pasteurization, pressure-treated juice better preserved anthocyanins, phenolic compounds, antioxidant capacity and fresh color, and it received higher sensory scores for aroma, taste and overall acceptability. The study concludes that high-pressure processing is an effective technology for producing safe, high-quality pomegranate juice.

**Keywords:** High-pressure processing, pomegranate juice, microbial safety, anthocyanins, sensory quality

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DEVELOPMENT OF EDIBLE COATINGS BASED ON CHITOSAN AND OLIVE LEAF EXTRACT TO EXTEND SHELF LIFE OF DATE FRUITS

**Assoc. Prof. Dr. Mahmoud Ibrahim[1], Fatma El-Zahraa Mansour[2]**
[1]Mansoura University, Faculty of Agriculture, Department of Food Industries, Mansoura, Egypt
[2]Zagazig University, Faculty of Agriculture, Department of Food Science, Zagazig, Egypt

## ABSTRACT

Date fruits are an important crop in North Africa and the Middle East, valued for their high nutritional content, natural sugars, dietary fibre, minerals and phenolic compounds. Fresh and semi-dry dates, however, are susceptible to postharvest losses caused by moisture loss, softening, darkening, insect infestation and fungal spoilage, which limit their storage life and marketability. Synthetic preservatives and fumigants are commonly used to control deterioration, but consumer concerns about chemical residues have stimulated interest in natural and environmentally friendly preservation methods. Edible coatings provide a thin protective layer that acts as a barrier to moisture and gases and can serve as carriers of natural antimicrobial and antioxidant agents. This study develops edible coatings based on chitosan and olive leaf extract to extend the shelf life of date fruits. Chitosan, a biodegradable polysaccharide with film-forming and antimicrobial properties, was combined with olive leaf extract, a by-product rich in oleuropein and other polyphenols. Coating formulations with different concentrations of chitosan and extract were prepared and characterized for viscosity, film thickness, water vapor permeability and antimicrobial activity. Dates were coated by dipping and stored under ambient and refrigerated conditions alongside uncoated controls. Weight loss, firmness, color, moisture content, total soluble solids, total phenolic content, antioxidant activity, microbial counts and sensory properties were evaluated during storage. The findings show that coated dates exhibited significantly lower weight loss, better retention of firmness and color, and reduced growth of molds and yeasts compared with uncoated fruits. The incorporation of olive leaf extract enhanced antioxidant and antifungal effects without negatively affecting sensory acceptability. The study concludes that chitosan and olive leaf extract coatings offer a promising natural strategy for preserving date fruits.

**Keywords:** Edible coatings, chitosan, olive leaf extract, date fruits, shelf life

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KINETIC MODELLING OF THIN-LAYER DRYING OF MANGO SLICES USING SOLAR-ASSISTED HYBRID DRYERS

**Prof. Dr. Muhammad Aslam[1], Ayesha Bibi[1], Dr. Bilal Ahmed Khan[2], Usman Malik[3], Assis. Prof. Dr. Sana Riaz[4], Hafiz Tariq Mehmood[2]**

[1]University of Agriculture Faisalabad, National Institute of Food Science and Technology, Faisalabad, Pakistan

[2]University of Agriculture Faisalabad, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Department of Energy Systems Engineering, Faisalabad, Pakistan

[3]Bahauddin Zakariya University, Institute of Food Science and Nutrition, Multan, Pakistan

[4]Government College University Faisalabad, Faculty of Life Sciences, Department of Food Science, Faisalabad, Pakistan

## ABSTRACT

Mango is one of the most important fruit crops in Pakistan and other tropical and subtropical countries, but its highly perishable nature leads to considerable postharvest losses during the short harvesting season. Drying is an effective preservation method that reduces moisture content, inhibits microbial growth and enzymatic activity, and produces shelf-stable products that can be marketed throughout the year. Traditional open sun drying, although inexpensive, is slow, weather-dependent and exposes the product to dust, insects and contamination, often resulting in poor quality. Conventional mechanical dryers provide better control but consume large amounts of fossil energy. Solar-assisted hybrid dryers, which combine solar energy with an auxiliary heat source, offer a sustainable and reliable alternative for small and medium-scale processors. This study investigates the kinetic modelling of thin-layer drying of mango slices using a solar-assisted hybrid dryer. Mango slices of uniform thickness were dried at different air temperatures and velocities, and moisture loss was recorded continuously. Experimental drying data were fitted to several thin-layer drying models, including the Newton, Page, Henderson and Pabis, logarithmic and two-term models, and model performance was evaluated using statistical criteria such as the coefficient of determination and root mean square error. Effective moisture diffusivity and activation energy were calculated, and the quality of the dried slices was assessed in terms of color, rehydration capacity, ascorbic acid retention and sensory properties. The findings show that drying took place mainly in the falling rate period, indicating that moisture diffusion was the controlling mechanism. Among the tested models, the Page and logarithmic models best described the drying behavior. Higher temperatures accelerated drying but reduced ascorbic acid retention. The study concludes that solar-assisted hybrid drying is an efficient and sustainable method for mango preservation.

**Keywords:** Thin-layer drying, kinetic modelling, mango slices, solar-assisted hybrid dryer, moisture diffusivity

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PHYSICOCHEMICAL AND RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF STABILIZED YOGHURT ENRICHED WITH GERMINATED CHICKPEA FLOUR

**Ali Raza[1], Dr. Fatima Noor[2]**
[1]University of Agriculture Faisalabad, National Institute of Food Science and Technology, Faisalabad, Pakistan
[2]University of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Animal Production and Technology, Department of Dairy Technology, Lahore, Pakistan

## ABSTRACT

Yoghurt is one of the most widely consumed fermented dairy products, appreciated for its sensory qualities and health benefits. However, problems such as syneresis, weak texture and low viscosity can affect its quality and consumer acceptance, and stabilizers are therefore commonly added. At the same time, there is increasing interest in enriching dairy products with plant-based ingredients that can improve both functional and nutritional properties. Chickpea is a nutrient-dense legume rich in protein, dietary fibre, minerals and bioactive compounds, and germination further enhances its nutritional value by increasing protein digestibility and antioxidant compounds while reducing antinutritional factors such as phytates and trypsin inhibitors. This study investigates the physicochemical and rheological characteristics of stabilized yoghurt enriched with germinated chickpea flour. Chickpea seeds were germinated under controlled conditions, dried and milled into flour, which was characterized for its proximate composition and functional properties. Yoghurt samples were prepared with different levels of germinated chickpea flour, with and without a conventional stabilizer, and compared with control yoghurt. During refrigerated storage, the samples were analyzed for pH, titratable acidity, total solids, protein content, syneresis, water holding capacity, color, viable counts of starter cultures and antioxidant activity. Rheological properties were evaluated through flow behavior and viscoelastic measurements, and sensory evaluation was conducted by a trained and experienced panel. The findings show that the addition of germinated chickpea flour increased protein content, total solids and antioxidant activity, reduced syneresis and improved viscosity and gel firmness. Moderate levels of flour produced desirable texture and acceptable sensory scores, while higher levels led to a noticeable legume flavor and darker color. The study concludes that germinated chickpea flour can serve as a natural functional ingredient in yoghurt.

**Keywords:** Yoghurt, germinated chickpea flour, rheology, syneresis, functional dairy products

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INFLUENCE OF FERMENTATION CONDITIONS ON THE PROBIOTIC VIABILITY AND TEXTURE OF TRADITIONAL SERBIAN KAJMAK

**Prof. Dr. Nikola Jovanović[1], Jelena Petrović[1], Dr. Marko Nikolić[2]**
[1]University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Department of Animal Source Food Technology, Belgrade, Serbia
[2]University of Novi Sad, Faculty of Technology, Department of Food Preservation Engineering, Novi Sad, Serbia

## ABSTRACT

Kajmak is a traditional dairy product of Serbia and the wider Balkan region, produced by collecting the fat-rich layer that forms on the surface of heated milk as it cools, followed by salting and ripening. It is valued for its creamy texture, rich flavor and cultural significance, and it is still largely produced on small farms using artisanal methods. The spontaneous fermentation that occurs during ripening is driven by indigenous lactic acid bacteria, which contribute to flavor development and may offer health benefits. However, traditional production often results in variable quality and limited shelf life, and the potential of kajmak as a carrier of probiotic bacteria has received relatively little attention. This study investigates the influence of fermentation conditions on the probiotic viability and texture of traditional Serbian kajmak. Kajmak was produced under controlled conditions and inoculated with selected probiotic strains of Lactobacillus and Bifidobacterium, either alone or in combination with autochthonous lactic acid bacteria isolated from artisanal kajmak. Fermentation and ripening were carried out at different temperatures, salt concentrations and ripening periods. Samples were analyzed for pH, titratable acidity, fat and moisture content, lipolysis and proteolysis, viable counts of probiotic and lactic acid bacteria, and textural properties including firmness, spreadability and adhesiveness. Sensory evaluation was also performed. The findings show that moderate ripening temperatures and lower salt concentrations favored the survival of probiotic bacteria, which remained at levels considered sufficient for health benefits throughout storage. Combining probiotics with autochthonous cultures improved flavor and textural uniformity. Excessive salt reduced probiotic viability, while extended ripening increased firmness and flavor intensity. The study concludes that controlled fermentation can enhance the quality and functional value of kajmak.

**Keywords:** Kajmak, probiotics, fermentation, traditional dairy products, texture

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# VALORIZATION OF APPLE POMACE INTO PECTIN AND POLYPHENOL-RICH POWDERS FOR CLEAN-LABEL FOOD FORMULATIONS

**Assoc. Prof. Dr. Milan Stanković[1], Ana Đorđević[2], Stefan Ilić[1], Dr. Ivana Mitrović[3]**
[1]University of Novi Sad, Faculty of Technology, Department of Carbohydrate Food Engineering, Novi Sad, Serbia
[2]University of Niš, Faculty of Technology in Leskovac, Leskovac, Serbia
[3]University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Department of Biochemical Engineering and Biotechnology, Belgrade, Serbia

## ABSTRACT

Apple pomace, the solid residue that remains after juice and cider production, consists mainly of peels, pulp, seeds and stems and represents a remarkably large volume of agro-industrial waste. It is frequently discarded or used as low-value animal feed, which causes environmental problems and represents a loss of valuable components. Apple pomace is, in fact, a rich source of pectin, dietary fibre and polyphenols such as phloridzin, quercetin glycosides, chlorogenic acid and procyanidins, which possess antioxidant, anti-inflammatory and prebiotic properties. At the same time, the food industry is responding to growing consumer demand for clean-label products, which contain natural, recognizable ingredients instead of synthetic additives. The conversion of apple pomace into functional ingredients therefore offers both environmental and commercial benefits. This study investigates the valorization of apple pomace into pectin and polyphenol-rich powders for clean-label food formulations in Serbia, a major apple-producing country. Pomace obtained from local juice processing plants was dried and subjected to sequential extraction of polyphenols using green solvents and of pectin using mild acid and microwave-assisted methods. The resulting powders were characterized in terms of yield, degree of esterification, galacturonic acid content, molecular properties, total phenolic content, polyphenol profile, antioxidant activity and functional properties. The powders were then applied as natural thickeners, stabilizers and antioxidants in model food systems, including fruit fillings, yoghurt and bakery products. The findings show that microwave-assisted extraction produced pectin with good gelling properties in a shorter time, while the polyphenol-rich powder exhibited strong antioxidant activity. In food applications, the powders improved texture, stability and oxidative resistance without compromising sensory acceptance. The study concludes that apple pomace valorization supports sustainable, circular and clean-label food production.

**Keywords:** Apple pomace, pectin, polyphenols, clean-label foods, food waste valorization

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE IMPACT OF STRUCTURED NURSE-LED EDUCATION PROGRAMS ON MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE

**Prof. Dr. Aistė Kazlauskienė, Tomas Petrauskas, Assoc. Prof. Dr. Rūta Jankauskaitė**
Faculty of Nursing, Lithuanian University of Health Sciences, Lithuania

## ABSTRACT

This study examines the impact of structured nurse-led education programs on medication adherence among patients living with chronic heart failure. Medication adherence is a central component of heart failure management, yet many patients experience difficulties related to complex treatment regimens, limited health literacy, adverse effects, forgetfulness, and uncertainty about the purpose of prescribed medicines. The research explores how systematic nursing education can strengthen patient understanding, self-management, and confidence in daily treatment decisions.

The study is based on nursing, chronic disease management, and patient education literature. It focuses on educational strategies that explain medication purpose, dosage routines, possible adverse effects, symptom recognition, and the importance of communication with healthcare providers. The analysis suggests that nurse-led education is most effective when it is individualized, repeated over time, and connected to patients' daily experiences. The involvement of family members and caregivers may further support treatment continuity and help patients manage practical difficulties at home.

The findings indicate that education alone is not sufficient unless it is combined with counseling, follow-up, motivational support, and accessible communication. Nurses have an important role in identifying barriers to adherence and adapting educational approaches to individual needs. Structured programs can also encourage patients to participate actively in decisions concerning their care and recognize early signs of clinical deterioration.

The study concludes that nurse-led education should be integrated into both hospital discharge planning and community-based follow-up. A continuous, patient-centered approach can improve medication management, promote self-care, and contribute to better quality of life for individuals with chronic heart failure. Evidence from nursing research also associates structured education with improved self-management and fewer hospital readmissions

**Key words:** chronic heart failure, nurse-led education, medication adherence, patient self-management, nursing care

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EVALUATING BURNOUT AND EMOTIONAL EXHAUSTION LEVELS AMONG INTENSIVE CARE UNIT NURSES DURING PROLONGED SHIFT SCHEDULES

**Dr. Mindaugas Stankevičius, Gabija Vaitkutė, Darius Butkus, Assis. Prof. Dr. Vytautas Kazlauskas**
Faculty of Nursing, Vilnius University, Lithuania

## ABSTRACT

This study evaluates burnout and emotional exhaustion among intensive care unit nurses working prolonged and demanding shift schedules. Intensive care nursing requires continuous attention, rapid clinical decision-making, emotional resilience, and close interaction with critically ill patients and their families. These demands may become particularly stressful when extended shifts, insufficient recovery time, and persistent staff shortages affect nurses' physical and psychological well-being.

The research is based on occupational health, nursing psychology, and organizational stress literature. It examines the relationship between shift duration, workload, sleep disruption, emotional demands, and professional burnout. The analysis emphasizes emotional exhaustion as a central dimension of burnout, reflecting the gradual depletion of energy and psychological resources. It also considers depersonalization, reduced professional accomplishment, and the effects of workplace support.

The findings suggest that prolonged shift patterns may increase fatigue and reduce opportunities for recovery, especially when nurses are exposed to high patient acuity and frequent critical incidents. However, the study also indicates that supportive leadership, collegial cooperation, appropriate staffing, and access to psychological services can moderate these effects. Nurses are more likely to maintain professional engagement when their work environment recognizes emotional demands and provides opportunities for rest and reflection.

The paper concludes that burnout prevention should be approached as an organizational responsibility rather than an individual problem. Healthcare institutions should develop evidence-based scheduling policies, strengthen staffing systems, and provide confidential mental health support. Protecting the well-being of intensive care nurses is essential for maintaining patient safety, care quality, and the long-term sustainability of the nursing profession.

**Key words:** nurse burnout, emotional exhaustion, intensive care, shift work, occupational health

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ASSESSING HAND HYGIENE COMPLIANCE AND ITS ASSOCIATION WITH HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS IN SURGICAL WARDS

**Assoc. Prof. Dr. Mahmoud Abdel-Rahman, Fatma Ibrahim, Youssef Mostafa, Dr. Nadia Farouk, Salma Abdelaziz**
Faculty of Nursing, Cairo University, Egypt

## ABSTRACT

This study assesses hand hygiene compliance among healthcare workers in surgical wards and examines its relationship with hospital-acquired infections. Hand hygiene is widely recognized as one of the most important measures for preventing the transmission of microorganisms within healthcare settings. Nevertheless, compliance may be affected by workload, limited access to supplies, inadequate supervision, skin irritation, and differences in professional awareness.

The research is grounded in infection prevention and control literature and focuses on the relationship between hand hygiene practices, ward organization, and patient safety. It considers compliance before and after patient contact, before clean procedures, after exposure to body fluids, and after contact with the patient environment. The analysis suggests that knowledge does not always translate into consistent practice. Healthcare workers may understand the importance of hand hygiene while still experiencing barriers that reduce regular adherence.

The findings indicate that surgical wards require a multidimensional approach combining education, observation, feedback, accessible hygiene facilities, and supportive management. Training is most effective when it is practical, repeated, and connected to real clinical situations. The study also emphasizes that infection control should be integrated into professional culture rather than treated as a temporary campaign.

The paper concludes that improving hand hygiene compliance can contribute to safer surgical care and reduce preventable infections. Hospital administrators should support clear protocols, adequate supplies, continuous monitoring, and non-punitive feedback mechanisms. A strong institutional commitment to infection prevention is essential for protecting patients, healthcare workers, and the quality of surgical services.

**Key words:** hand hygiene, hospital-acquired infections, surgical wards, infection prevention, patient safety

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE ROLE OF NURSING INTERVENTIONS IN REDUCING POSTOPERATIVE ANXIETY AMONG PATIENTS UNDERGOING MAJOR ABDOMINAL SURGERY

**Prof. Dr. Ahmed Hassan, Mona El-Sayed**
Faculty of Nursing, Alexandria University, Egypt

## ABSTRACT

This study examines the role of nursing interventions in reducing postoperative anxiety among patients undergoing major abdominal surgery. Surgical procedures may generate fear, uncertainty, pain-related concerns, and worries about recovery, body function, and future independence. Postoperative anxiety can also interfere with sleep, communication, mobility, treatment participation, and overall recovery. The research explores how nursing care can address these psychological needs alongside physical treatment.

The study is based on perioperative nursing and psychosocial care literature. It focuses on interventions such as preoperative explanation, therapeutic communication, relaxation guidance, pain education, emotional reassurance, and family involvement. The findings suggest that patients experience lower anxiety when nurses provide clear information, listen to concerns, and create a sense of continuity before and after surgery. Individualized communication is particularly important because patients differ in their previous experiences, coping styles, health literacy, and expectations.

The analysis also indicates that anxiety reduction is supported by a calm ward environment and coordinated communication among members of the healthcare team. Nurses can help patients interpret unfamiliar procedures, prepare for postoperative discomfort, and develop realistic expectations about recovery. These interventions may strengthen trust and increase willingness to participate in breathing exercises, mobility, nutrition, and self-care.

The paper concludes that postoperative anxiety should be considered an important nursing outcome rather than an unavoidable emotional reaction. Integrating psychological support into routine surgical nursing can improve patient experience and contribute to more effective recovery. Nursing interventions are most beneficial when they are timely, compassionate, culturally sensitive, and adapted to the individual needs of each patient.

**Key words:** postoperative anxiety, nursing interventions, abdominal surgery, perioperative care, patient support

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICES REGARDING PRESSURE ULCER PREVENTION AMONG NURSES IN TERTIARY CARE HOSPITALS

**Dr. Muhammad Ali Khan, Ayesha Siddiqui**
Faculty of Nursing, Aga Khan University, Pakistan

## ABSTRACT

This study investigates nurses' knowledge, attitudes, and practices regarding pressure ulcer prevention in tertiary care hospitals. Pressure ulcers are preventable complications associated with immobility, impaired skin integrity, poor nutrition, moisture, and prolonged hospitalization. Nurses play a central role in risk assessment, skin observation, repositioning, nutritional coordination, and patient education. The study examines how professional knowledge and workplace conditions influence preventive nursing practice.

The research is based on nursing education, patient safety, and pressure injury prevention literature. It considers nurses' understanding of risk factors, assessment tools, repositioning methods, support surfaces, skin care, and documentation. The analysis suggests that knowledge is essential but does not independently guarantee consistent preventive practice. Workload, staffing patterns, availability of equipment, communication, and institutional protocols also affect the quality of care.

The findings indicate that prevention is strongest when nurses work within a coordinated system that supports early assessment and regular reassessment. Continuing education can improve awareness, but it should be accompanied by practical training, clear documentation procedures, and supportive supervision. The study also emphasizes that prevention requires collaboration among nurses, physicians, dietitians, patients, and family members.

The paper concludes that tertiary care hospitals should treat pressure ulcer prevention as a quality and safety priority. Regular training, evidence-based protocols, adequate resources, and a culture of accountability can strengthen nursing practice. A comprehensive approach can reduce avoidable patient harm and improve the quality of care provided to vulnerable hospitalized patients.

**Key words:** pressure ulcer prevention, nursing knowledge, nursing practice, patient safety, tertiary hospitals

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# FACTORS INFLUENCING PATIENT SATISFACTION WITH NURSING CARE QUALITY IN PUBLIC AND PRIVATE HEALTHCARE SETTINGS

**Prof. Dr. Imran Ahmed, Sana Malik, Bilal Hussain, Fatima Zahra, Assis. Prof. Dr. Usman Tariq, Hina Rashid**
Faculty of Nursing and Allied Health Sciences, University of Lahore, Pakistan

## ABSTRACT

This study examines the factors influencing patient satisfaction with nursing care quality in public and private healthcare settings. Patient satisfaction is an important indicator of healthcare performance because it reflects not only clinical outcomes but also communication, respect, responsiveness, emotional support, and continuity of care. The research compares how organizational conditions and interpersonal interactions shape patients' experiences of nursing services.

The study is grounded in healthcare quality and patient-centered care literature. It considers factors such as nurse availability, clarity of communication, privacy, empathy, response to requests, information sharing, and involvement in care decisions. The analysis suggests that patients evaluate nursing quality through both technical confidence and relational experience. A patient may appreciate competent clinical care but remain dissatisfied if communication is rushed or emotional concerns are ignored.

The findings also indicate that satisfaction is influenced by institutional context. Public hospitals may face greater pressure from overcrowding and limited resources, while private facilities may provide more personalized services but create higher expectations regarding comfort and responsiveness. Across both settings, respectful communication and timely attention remain central to positive patient experiences.

The paper concludes that improving patient satisfaction requires more than differences in infrastructure or service availability. Healthcare organizations should strengthen communication training, encourage compassionate care, and use patient feedback to guide quality improvement. Nursing care becomes more effective when patients feel heard, respected, and involved in decisions about their treatment.

**Key words:** patient satisfaction, nursing care quality, public healthcare, private healthcare, patient-centered care

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE EFFECTIVENESS OF SIMULATION-BASED TRAINING IN IMPROVING CLINICAL DECISION-MAKING SKILLS OF NURSING STUDENTS

**Assoc. Prof. Dr. Zainab Iqbal, Ahsan Raza, Dr. Kiran Shah**
Faculty of Nursing, University of Karachi, Pakistan

## ABSTRACT

This study examines the effectiveness of simulation-based training in improving clinical decision-making skills among nursing students. Clinical decision-making requires the integration of theoretical knowledge, patient assessment, prioritization, communication, and timely action. Students may experience difficulty applying classroom knowledge to complex clinical situations, particularly when opportunities for direct patient care are limited. Simulation provides a controlled learning environment in which students can practice clinical reasoning without placing real patients at risk.

The research is grounded in nursing education and experiential learning literature. It focuses on high-fidelity scenarios, structured observation, guided reflection, and feedback as components of simulation-based education. The findings suggest that simulation improves students' ability to identify patient needs, recognize changes in clinical condition, prioritize interventions, and communicate with members of the healthcare team. It also strengthens confidence and encourages students to reflect on their decisions.

The study emphasizes that the educational value of simulation depends on careful scenario design and meaningful debriefing. Simulation should not be treated simply as a technical exercise; it should connect clinical action with ethical reasoning, communication, and professional responsibility. Faculty guidance is essential for helping students understand both successful decisions and errors made during the learning process.

The paper concludes that simulation-based training is an effective strategy for preparing nursing students for complex clinical practice. When integrated with theoretical instruction and supervised placement, simulation can strengthen clinical judgment, reduce anxiety, and support safer patient care. Nursing education programs should therefore use simulation as a regular component of competency development.

**Key words:** simulation-based training, nursing students, clinical decision-making, nursing education, clinical judgment

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE IMPACT OF STRUCTURED NURSE-LED EDUCATION PROGRAMS ON MEDICATION ADHERENCE AMONG PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE

**Prof. Dr. Aistė Kazlauskienė[1], Tomas Petrauskas[1], Assoc. Prof. Dr. Rūta Jankauskaitė[2]**
[1]Lithuanian University of Health Sciences, Faculty of Nursing, Department of Nursing, Kaunas, Lithuania
[2]Vilnius University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Department of Nursing, Vilnius, Lithuania

## ABSTRACT

Chronic heart failure is a progressive clinical syndrome associated with frequent hospital readmissions, reduced quality of life and high mortality. Pharmacological treatment, including angiotensin-converting enzyme inhibitors, beta-blockers, mineralocorticoid receptor antagonists and diuretics, is central to its management, yet many patients do not take their medications as prescribed. Poor adherence is linked to limited understanding of the disease, complex treatment regimens, side effects, forgetfulness, low health literacy and insufficient support after discharge. Nurses, who maintain close and continuous contact with patients, are well placed to address these barriers through structured education and follow-up. This study evaluates the impact of structured nurse-led education programs on medication adherence among patients with chronic heart failure in Lithuania. A quasi-experimental design was used in which patients hospitalized for heart failure were allocated to an intervention group or a control group receiving usual care. The intervention included individualized education sessions during hospitalization covering the disease process, the purpose and correct use of each medication, recognition of warning symptoms, self-monitoring of weight and fluid intake, and lifestyle modification, followed by structured telephone follow-up after discharge. Medication adherence was assessed using a validated self-report scale and pharmacy refill data, and secondary outcomes included heart failure knowledge, self-care behavior, quality of life and readmissions. The findings show that patients in the intervention group achieved significantly higher medication adherence, greater disease knowledge and better self-care than those in the control group. A reduction in heart failure-related readmissions was also observed. Patients particularly valued the continuity of contact with nurses and the opportunity to ask questions. The study concludes that structured nurse-led education is an effective strategy for improving adherence and recommends its integration into standard heart failure care pathways.

**Keywords:** Chronic heart failure, medication adherence, nurse-led education, self-care, patient education

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EVALUATING BURNOUT AND EMOTIONAL EXHAUSTION LEVELS AMONG INTENSIVE CARE UNIT NURSES DURING PROLONGED SHIFT SCHEDULES

**Dr. Mindaugas Stankevičius[1], Gabija Vaitkutė[2], Darius Butkus[1], Assis. Prof. Dr. Vytautas Kazlauskas[3]**

[1]Lithuanian University of Health Sciences, Faculty of Nursing, Department of Nursing, Kaunas, Lithuania

[2]Klaipėda University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Klaipėda, Lithuania

[3]Vilnius University, Faculty of Medicine, Institute of Health Sciences, Vilnius, Lithuania

## ABSTRACT

Intensive care unit nurses work in a highly demanding environment characterized by critically ill patients, complex technology, rapid decision-making, frequent exposure to death and suffering, and intense interaction with distressed families. These conditions make them particularly vulnerable to burnout, a syndrome consisting of emotional exhaustion, depersonalization and a reduced sense of personal accomplishment. Prolonged shift schedules, including twelve-hour and extended shifts, consecutive night duties and insufficient recovery time, may further intensify fatigue and psychological strain. Burnout among nurses has serious consequences, not only for their own health and job satisfaction but also for patient safety, quality of care and staff retention. This study evaluates burnout and emotional exhaustion levels among intensive care unit nurses working prolonged shift schedules in Lithuanian hospitals. A cross-sectional design was employed, and data were collected from nurses in adult intensive care units of university and regional hospitals using the Maslach Burnout Inventory, together with instruments assessing perceived stress, sleep quality, work-related fatigue and intention to leave. Information on shift length, frequency of night work, overtime, staffing levels and organizational support was also gathered. The findings indicate that a considerable proportion of nurses experienced high levels of emotional exhaustion and moderate to high depersonalization. Longer shifts, frequent night duties, regular overtime, poor sleep quality and inadequate staffing were significantly associated with higher burnout scores, whereas supportive leadership, teamwork and opportunities for recovery were protective. Nurses with high emotional exhaustion more often reported an intention to leave their position. The study concludes that burnout represents a serious occupational problem in intensive care nursing and recommends reasonable shift scheduling, adequate staffing, psychological support programs and organizational strategies that promote nurses' well-being.

**Keywords:** Burnout, emotional exhaustion, intensive care nursing, shift work, nurse well-being

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ASSESSING HAND HYGIENE COMPLIANCE AND ITS ASSOCIATION WITH HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS IN SURGICAL WARDS

**Assoc. Prof. Dr. Mahmoud Abdel-Rahman[1], Fatma Ibrahim[1], Youssef Mostafa[2], Dr. Nadia Farouk[3], Salma Abdelaziz[2]**

[1]Cairo University, Faculty of Nursing, Medical-Surgical Nursing Department, Cairo, Egypt
[2]Alexandria University, Faculty of Nursing, Critical Care and Emergency Nursing Department, Alexandria, Egypt
[3]Mansoura University, Faculty of Nursing, Community Health Nursing Department, Mansoura, Egypt

## ABSTRACT

Hospital-acquired infections remain a major threat to patient safety worldwide, leading to prolonged hospital stays, increased healthcare costs, antimicrobial resistance and preventable deaths. Surgical patients are particularly vulnerable because of invasive procedures, wounds, drains, catheters and reduced immunity. Hand hygiene is widely recognized as the single most effective and least expensive measure for preventing the transmission of pathogens in healthcare settings, yet compliance among healthcare workers often remains suboptimal. Barriers include heavy workload, understaffing, limited access to hand hygiene facilities, skin irritation, insufficient knowledge and a weak institutional safety culture. This study assesses hand hygiene compliance among healthcare workers and its association with hospital-acquired infections in surgical wards of university hospitals in Egypt. A prospective observational design was used. Hand hygiene compliance among nurses, physicians and other staff was directly observed according to the World Health Organization's five moments for hand hygiene, and data on hospital-acquired infections, including surgical site infections, urinary tract infections and bloodstream infections, were collected through active surveillance during the same period. A questionnaire was also used to assess staff knowledge and perceptions. The findings revealed that overall compliance was moderate and varied by professional group and type of opportunity, with lower compliance before patient contact and before aseptic procedures than after body fluid exposure. Nurses showed higher compliance than other groups. Wards with lower compliance recorded higher rates of hospital-acquired infections, and a significant inverse association was found between compliance and infection rates. Heavy workload and shortages of alcohol-based hand rub were the main reported barriers. The study concludes that improving hand hygiene compliance through education, feedback, adequate resources and leadership commitment is essential for reducing infections in surgical wards.

**Keywords:** Hand hygiene, hospital-acquired infections, infection control, surgical wards, patient safety

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE ROLE OF NURSING INTERVENTIONS IN REDUCING POSTOPERATIVE ANXIETY AMONG PATIENTS UNDERGOING MAJOR ABDOMINAL SURGERY

**Prof. Dr. Ahmed Hassan[1], Mona El-Sayed[2]**
[1]Ain Shams University, Faculty of Nursing, Medical-Surgical Nursing Department, Cairo, Egypt
[2]Assiut University, Faculty of Nursing, Adult Health Nursing Department, Assiut, Egypt

## ABSTRACT

Anxiety is a common psychological response among patients undergoing major abdominal surgery, arising from fear of pain, complications, anesthesia, loss of control, uncertainty about outcomes and unfamiliarity with the hospital environment. High levels of perioperative anxiety are associated with increased pain perception, greater analgesic requirements, delayed wound healing, sleep disturbances, prolonged hospital stay and lower patient satisfaction. Nurses play a central role in the perioperative period and are in a unique position to identify patients' psychological needs and provide interventions that reduce anxiety and support recovery. This study examines the role of nursing interventions in reducing postoperative anxiety among patients undergoing major abdominal surgery in Egypt. A quasi-experimental design with intervention and control groups was used in the surgical departments of a university hospital. Patients in the intervention group received a structured nursing intervention program that included preoperative education about the surgical procedure and recovery process, breathing and relaxation exercises, music therapy, therapeutic communication and early mobilization guidance, while the control group received routine hospital care. Anxiety was measured using the State-Trait Anxiety Inventory before surgery and on subsequent postoperative days, and pain intensity, physiological parameters, sleep quality and patient satisfaction were also assessed. The findings show that patients in the intervention group had significantly lower postoperative anxiety and pain scores, more stable vital signs, better sleep quality and higher satisfaction than patients in the control group. The study concludes that structured, non-pharmacological nursing interventions are effective, low-cost and safe strategies for reducing postoperative anxiety and recommends their integration into routine perioperative nursing care and nursing education.

**Keywords:** Postoperative anxiety, nursing interventions, abdominal surgery, relaxation techniques, perioperative care

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICES REGARDING PRESSURE ULCER PREVENTION AMONG NURSES IN TERTIARY CARE HOSPITALS

**Dr. Muhammad Ali Khan[1], Ayesha Siddiqui[2]**
[1]The Aga Khan University, School of Nursing and Midwifery, Karachi, Pakistan
[2]Dow University of Health Sciences, Institute of Nursing, Karachi, Pakistan

## ABSTRACT

Pressure ulcers are localized injuries to the skin and underlying tissue, usually over bony prominences, resulting from prolonged pressure, shear and friction. They are a significant problem in hospitalized patients, particularly those who are elderly, immobile, critically ill or malnourished, and they cause pain, infection, prolonged hospitalization, increased costs and reduced quality of life. Since most pressure ulcers are preventable, their occurrence is widely regarded as an indicator of the quality of nursing care. Nurses have primary responsibility for risk assessment, repositioning, skin care, nutrition support and the use of pressure-redistributing devices, and their knowledge, attitudes and practices directly influence prevention outcomes. This study assesses the knowledge, attitudes and practices regarding pressure ulcer prevention among nurses working in tertiary care hospitals in Pakistan. A descriptive cross-sectional design was used, and data were collected from registered nurses working in medical, surgical, orthopedic and intensive care units through a structured questionnaire incorporating a validated knowledge test, an attitude scale and a practice checklist, complemented by observation of selected nursing practices. The findings indicate that nurses' knowledge of pressure ulcer prevention was generally inadequate, particularly regarding risk assessment tools, classification of pressure injuries, nutrition and the appropriate use of support surfaces. Most nurses demonstrated positive attitudes toward prevention, yet their reported and observed practices were often inconsistent, with irregular repositioning and limited documentation. Knowledge was significantly associated with educational level, work experience and previous training, while heavy workload, staff shortages and lack of equipment were identified as major barriers to good practice. The study concludes that continuous in-service training, the use of evidence-based guidelines and adequate staffing and resources are essential for improving pressure ulcer prevention and patient outcomes.

**Keywords:** Pressure ulcer prevention, nursing knowledge, attitudes and practices, tertiary care hospitals, Pakistan

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# FACTORS INFLUENCING PATIENT SATISFACTION WITH NURSING CARE QUALITY IN PUBLIC AND PRIVATE HEALTHCARE SETTINGS

**Prof. Dr. Imran Ahmed[1], Sana Malik[1], Bilal Hussain[2], Fatima Zahra[3], Assis. Prof. Dr. Usman Tariq[2], Hina Rashid[3]**

[1]The University of Lahore, Faculty of Allied Health Sciences, Lahore School of Nursing, Lahore, Pakistan

[2]Riphah International University, Faculty of Rehabilitation and Allied Health Sciences, Riphah College of Nursing, Islamabad, Pakistan

[3]Shifa Tameer-e-Millat University, Shifa College of Nursing, Islamabad, Pakistan

## ABSTRACT

Patient satisfaction is widely regarded as an important indicator of healthcare quality, reflecting the extent to which care meets patients' needs and expectations. Because nurses spend more time with patients than any other healthcare professionals, the quality of nursing care strongly shapes patients' overall hospital experience. Satisfied patients are more likely to follow treatment recommendations, return for follow-up care and trust health institutions. In many developing countries, public and private hospitals differ considerably in terms of resources, staffing, workload and organizational culture, which may lead to differences in the quality of nursing care and patient satisfaction. This study examines the factors influencing patient satisfaction with nursing care quality in public and private healthcare settings in Pakistan. A comparative cross-sectional design was used, and data were collected from adult inpatients prior to discharge from selected public and private hospitals using the Newcastle Satisfaction with Nursing Scales together with questions on sociodemographic characteristics and hospital experience. The dimensions assessed included nurses' communication, responsiveness, technical competence, respect for privacy, provision of information, emotional support and the ward environment. The findings indicate that patients in private hospitals reported higher overall satisfaction than those in public hospitals, particularly with regard to responsiveness, cleanliness, privacy and the time nurses spent with patients. In both settings, nurses' communication skills, courtesy, timely response to needs and provision of clear information were the strongest predictors of satisfaction. Patients in public hospitals frequently cited overcrowding, long waiting times and insufficient numbers of nurses. Age, educational level and length of stay were also associated with satisfaction levels. The study concludes that improving nurse staffing, communication training and patient-centered care practices is essential for enhancing satisfaction, particularly in public hospitals.

**Keywords:** Patient satisfaction, nursing care quality, public and private hospitals, communication, patient-centered care

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE EFFECTIVENESS OF SIMULATION-BASED TRAINING IN IMPROVING CLINICAL DECISION-MAKING SKILLS OF NURSING STUDENTS

**Assoc. Prof. Dr. Zainab Iqbal[1], Ahsan Raza[2], Dr. Kiran Shah[1]**
[1]The Aga Khan University, School of Nursing and Midwifery, Karachi, Pakistan
[2]University of Health Sciences Lahore, College of Nursing, Lahore, Pakistan

## ABSTRACT

Clinical decision-making is a core competence in nursing practice, enabling nurses to collect and interpret patient data, recognize deterioration, prioritize problems and select appropriate interventions. Developing this competence during undergraduate education is challenging, as clinical placements may provide limited and unpredictable learning opportunities, and students often have few chances to manage critical situations independently because of patient safety concerns. Simulation-based training offers a safe and controlled environment in which students can practice realistic clinical scenarios, make decisions, experience the consequences of their actions and reflect on their performance through structured debriefing. This study evaluates the effectiveness of simulation-based training in improving the clinical decision-making skills of nursing students in Pakistan. A quasi-experimental pretest and posttest design with experimental and control groups was conducted among undergraduate nursing students. The experimental group participated in a series of high-fidelity simulation sessions involving scenarios such as acute respiratory distress, sepsis, hypoglycemia and postoperative complications, each followed by guided debriefing, while the control group received traditional lectures and case discussions. Clinical decision-making was assessed using a validated self-assessment scale and an objective structured clinical examination, and students' self-confidence, satisfaction and perceptions of learning were also measured. The findings show that students in the simulation group demonstrated significantly greater improvement in clinical decision-making, critical thinking and self-confidence compared with the control group. Students reported that simulation helped them integrate theoretical knowledge with practice, manage stress and work effectively in teams. Debriefing was identified as the most valuable component of the learning experience. The study concludes that simulation-based training should be systematically integrated into nursing curricula.

**Keywords:** Simulation-based training, clinical decision-making, nursing students, nursing education, debriefing

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# OPTIMIZATION OF PRECISION IRRIGATION SCHEDULING USING SOIL MOISTURE SENSOR NETWORKS FOR SUSTAINABLE CEREAL PRODUCTION UNDER CENTRAL EUROPEAN DROUGHT CONDITIONS

**Dr. Anna-Lena Schneider[1], Assoc. Prof. Dr. Michael Weber[2], Sophie Braun[1]**
[1]University of Hohenheim, Faculty of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Engineering, Stuttgart, Germany
[2]Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Research Area Land Use and Governance, Müncheberg, Germany

## ABSTRACT

Central Europe has repeatedly experienced increasingly frequent and severe drought periods in recent years, causing substantial yield losses in cereal crops that have traditionally been grown under rainfed conditions. As climate change is expected to intensify spring and summer water deficits, supplementary irrigation is becoming more important for securing stable cereal production. However, irrigation water is a limited resource, and inefficient application can lead to water waste, nutrient leaching and high energy costs. Precision irrigation scheduling based on real-time information about soil water status offers a way to apply water only when and where crops need it. This study investigates the optimization of precision irrigation scheduling using soil moisture sensor networks for sustainable cereal production under Central European drought conditions. Field experiments with winter wheat and spring barley were conducted in Germany over several growing seasons. Wireless networks of capacitive soil moisture sensors were installed at multiple depths across fields with contrasting soil properties, and the data were integrated with weather forecasts and a crop water balance model to generate irrigation recommendations. Sensor-based scheduling strategies with different soil moisture thresholds were compared with conventional calendar-based irrigation and rainfed control plots. Grain yield, yield components, grain quality, water use efficiency and nitrogen leaching were evaluated. The findings show that sensor-based scheduling reduced irrigation water use considerably while maintaining or improving grain yield compared with conventional irrigation, resulting in markedly higher water use efficiency. Timing irrigation to critical growth stages such as stem elongation and grain filling proved especially beneficial. Spatial variability in soil water status highlighted the potential of variable-rate irrigation. The study concludes that soil moisture sensor networks provide a reliable basis for water-efficient cereal irrigation under increasing drought risk.

**Keywords:** Precision irrigation, soil moisture sensors, cereal production, drought, water use efficiency

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS FIELD ROBOTS EQUIPPED WITH DEEP-LEARNING VISION SYSTEMS FOR SELECTIVE MECHANICAL WEED CONTROL IN ORGANIC FARMING

**Assis. Prof. Dr. Julia Fischer[1], Prof. Dr. Hans-Peter Wagner[2]**
[1]University of Bonn, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Bonn, Germany
[2]Osnabrück University of Applied Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Landscape Architecture, Osnabrück, Germany

## ABSTRACT

Weed control is one of the most labor-intensive and costly challenges in organic farming, where synthetic herbicides are prohibited. Conventional mechanical methods such as harrowing and hoeing are effective between crop rows but less precise within rows, where weeds compete most strongly with crops, and manual weeding is expensive and increasingly difficult due to labor shortages. Advances in robotics, computer vision and artificial intelligence offer new possibilities for automating precise, plant-level weed control. This study presents the development of autonomous field robots equipped with deep-learning vision systems for selective mechanical weed control in organic farming. A robotic platform was designed with navigation based on satellite positioning and row detection, combined with an onboard camera system and a convolutional neural network trained to distinguish crop plants from different weed species in real time. Detected weeds were removed by actuated mechanical tools operating close to the crop plants. The image dataset used for training was collected in organic sugar beet, maize and vegetable fields under varying lighting, soil and growth conditions. The system was evaluated in field trials in terms of detection accuracy, weed removal efficiency, crop damage, working speed and energy consumption. The findings show that the deep-learning model achieved high accuracy in identifying crops and weeds, and the robot removed the majority of intra-row weeds with minimal crop damage. Performance decreased under conditions of high weed density, overlapping leaves and strong shadows. The robot's working rate remained lower than that of tractor-mounted implements, but labor requirements for manual weeding were substantially reduced. The study concludes that autonomous robotic weeding is a promising technology for sustainable organic crop production.

**Keywords:** Agricultural robotics, deep learning, weed control, organic farming, computer vision

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INTEGRATION OF SATELLITE REMOTE SENSING AND MACHINE LEARNING MODELS FOR EARLY DETECTION OF NITROGEN DEFICIENCY IN GREENHOUSE HORTICULTURE

**Prof. Dr. Willem van der Berg[1], Dr. Sanne de Vries[2], Bram Jansen[1], Assoc. Prof. Dr. Eva Bakker[2], Lucas Visser[3]**

[1]Wageningen University & Research, Plant Sciences Group, Business Unit Greenhouse Horticulture, Wageningen, The Netherlands

[2]Wageningen University & Research, Laboratory of Geo-Information Science and Remote Sensing, Wageningen, The Netherlands

[3]University of Twente, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands

## ABSTRACT

Nitrogen is a key nutrient for crop growth and quality in greenhouse horticulture, where intensive production systems rely on precise fertigation. Nitrogen deficiency reduces growth, yield and product quality, while excessive application increases costs and leads to nutrient losses through drainage water. Early detection of nitrogen stress, before visible symptoms appear, would enable growers to adjust nutrient supply in a timely manner. Remote sensing technologies and machine learning offer new opportunities for non-destructive crop monitoring, but their application in greenhouses is challenging because of the covering structures, artificial lighting and complex canopy architecture. This study investigates the integration of satellite remote sensing and machine learning models for the early detection of nitrogen deficiency in greenhouse horticulture in the Netherlands. A multi-scale approach was developed that combines high-resolution multispectral satellite imagery of greenhouse clusters, used to characterize regional crop and climate patterns, with in-greenhouse hyperspectral and multispectral imaging of tomato and sweet pepper crops grown under controlled nitrogen treatments. Spectral vegetation indices and reflectance features were extracted and used to train machine learning models, including random forest, support vector machines and convolutional neural networks, to classify nitrogen status and estimate leaf nitrogen content. Model performance was validated against laboratory measurements of plant nitrogen. The findings show that machine learning models based on spectral data detected nitrogen deficiency earlier than visual assessment, with deep-learning approaches achieving the highest accuracy. Red-edge and near-infrared spectral regions were the most informative. Satellite data provided useful contextual information but required integration with proximal sensing to overcome the limitations of greenhouse covers. The study concludes that combining multi-scale remote sensing and machine learning can support precision nutrient management in greenhouse horticulture.

**Keywords:** Remote sensing, machine learning, nitrogen deficiency, greenhouse horticulture, hyperspectral imaging

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# LIFE CYCLE ASSESSMENT OF VERTICAL FARMING SYSTEMS AND THEIR ROLE IN REDUCING WATER FOOTPRINT OF LEAFY VEGETABLE SUPPLY CHAINS

**Dr. Femke Hendriks[1], Prof. Dr. Johan Smit[2], Daan Mulder[1]**
[1]Wageningen University & Research, Plant Sciences Group, Farming Systems Ecology, Wageningen, The Netherlands
[2]Utrecht University, Faculty of Geosciences, Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht, The Netherlands

## ABSTRACT

Vertical farming, in which crops are grown in stacked layers inside controlled indoor environments using hydroponic or aeroponic systems and artificial lighting, has attracted growing attention as a means of producing fresh vegetables close to urban consumers. Proponents emphasize its potential to save water and land, eliminate pesticide use and shorten supply chains, while critics point to its high energy demand and capital costs. A comprehensive and balanced evaluation of its environmental performance is therefore needed. This study applies life cycle assessment to vertical farming systems, with particular attention to their role in reducing the water footprint of leafy vegetable supply chains. Following international life cycle assessment standards, the research compares lettuce and other leafy vegetables produced in vertical farms in the Netherlands with production in conventional Dutch greenhouses and open-field systems in southern Europe. The assessment covers infrastructure, energy, water, nutrients, growing media, packaging and distribution, and considers impact categories such as water footprint, climate change, land use, eutrophication and resource depletion. Scenario analyses explore the effects of renewable electricity, improved lighting efficiency and water recirculation. The findings show that vertical farming achieves a lower water footprint and land use per unit of product than open-field cultivation, owing to closed-loop irrigation and the recapture of transpired water. However, its climate impact is strongly dependent on the source of electricity, and under fossil-based energy it exceeds that of greenhouse and field production. With renewable electricity and efficient lighting, the overall environmental profile becomes competitive. The study concludes that vertical farming can contribute substantially to water-efficient urban food supply when combined with renewable energy and efficient system design.

**Keywords:** Vertical farming, life cycle assessment, water footprint, leafy vegetables, urban agriculture

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ASSESSMENT OF POST-HARVEST STORAGE TECHNOLOGIES FOR REDUCING QUALITY LOSSES IN ARCTIC BERRY PRODUCTION VALUE CHAINS

**Dr. Kari Johansen[1]**
[1]Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Division of Food Production and Society, Tromsø, Norway

## ABSTRACT

Arctic and northern berries, including cloudberries, bilberries, lingonberries, crowberries and cultivated strawberries grown at high latitudes, are valued for their distinctive flavor and high content of vitamins, anthocyanins and other bioactive compounds. The long daylight hours and cool temperatures of the Arctic growing season contribute to their unique sensory and nutritional properties. However, berries are highly perishable, with soft tissues, high respiration rates and susceptibility to fungal decay, and the remote locations, long transport distances and short harvesting seasons that characterize Arctic value chains make post-harvest losses a serious economic challenge. This study assesses post-harvest storage technologies for reducing quality losses in Arctic berry production value chains in northern Norway. Wild and cultivated berries were harvested and subjected to different storage treatments, including rapid precooling, cold storage at different temperatures, modified atmosphere packaging, controlled atmosphere storage and the application of natural edible coatings. During storage, berries were evaluated for weight loss, firmness, color, soluble solids, titratable acidity, anthocyanin and vitamin C content, antioxidant activity, decay incidence and sensory quality. In addition, interviews with pickers, growers, processors and distributors were conducted to identify critical points of loss along the value chain. The findings show that rapid precooling immediately after harvest was the most important single measure for preserving quality, while modified and controlled atmosphere storage further extended shelf life and reduced decay. Bioactive compounds were better retained under low-temperature and modified atmosphere conditions. Delays between harvest and cooling, inadequate cold chain infrastructure and fragmented logistics were identified as major causes of loss. The study concludes that investment in cold chain infrastructure and appropriate storage technologies can substantially strengthen Arctic berry value chains.

**Keywords:** Post-harvest technology, Arctic berries, cold chain, modified atmosphere storage, value chains

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EVALUATION OF ANAEROBIC DIGESTION SYSTEMS FOR CONVERTING LIVESTOCK MANURE INTO RENEWABLE BIOGAS ON SMALL-SCALE NORWEGIAN FARMS

**Assoc. Prof. Dr. Magnus Olsen[1], Sigrid Berg[1], Prof. Dr. Erik Nilsen[2], Astrid Pedersen[3]**
[1]Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences and Natural Resource Management, Ås, Norway
[2]Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Department of Energy and Process Engineering, Trondheim, Norway
[3]Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Division of Environment and Natural Resources, Ås, Norway

## ABSTRACT

Livestock manure is a significant source of greenhouse gas emissions from agriculture, particularly methane and nitrous oxide released during storage and field application. At the same time, it represents a valuable renewable resource that can be converted into biogas through anaerobic digestion, while the resulting digestate can serve as an effective organic fertilizer. In Norway, where agriculture is dominated by small and medium-sized dairy and livestock farms scattered across diverse and often remote landscapes, centralized biogas plants may be difficult to implement because of long transport distances. Small-scale farm-based digesters therefore offer a potentially attractive alternative, although cold climate conditions, low biogas yields from manure alone and high investment costs pose specific challenges. This study evaluates anaerobic digestion systems for converting livestock manure into renewable biogas on small-scale Norwegian farms. The research combines monitoring of operational farm-scale digesters with laboratory experiments and techno-economic and environmental assessments. Different system configurations were analyzed, including mesophilic digestion of cattle manure alone, co-digestion with grass silage and food waste, and various reactor insulation and heating strategies. Performance indicators included biogas yield and composition, process stability, energy balance, digestate quality, greenhouse gas emission reductions and economic feasibility. The findings show that co-digestion with grass silage substantially increased biogas production compared with manure alone and improved the energy balance of the systems. Effective insulation and heat recovery were crucial for maintaining stable digestion during the long winter period. Farm digesters reduced methane emissions from manure storage and provided renewable heat and electricity for farm use. However, profitability remained dependent on investment support and energy prices. The study concludes that farm-scale anaerobic digestion can contribute to climate-friendly Norwegian agriculture.

**Keywords:** Anaerobic digestion, livestock manure, biogas, small-scale farms, Norway

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# APPLICATION OF INTERNET-OF-THINGS SENSORS AND DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR SUSTAINABLE VINEYARD MANAGEMENT IN THE AEGEAN REGION

**Dr. Georgios Dimitriou[1], Sofia Alexandrou[2]**
[1]Agricultural University of Athens, School of Environment and Agricultural Engineering, Department of Natural Resources Management and Agricultural Engineering, Athens, Greece
[2]Aristotle University of Thessaloniki, School of Agriculture, Laboratory of Viticulture, Thessaloniki, Greece

## ABSTRACT

Viticulture in the Aegean region has a long history and produces wines of distinctive character, yet vineyards in this Mediterranean environment face increasing challenges from climate change, including higher temperatures, prolonged drought, irregular rainfall and greater pressure from fungal diseases such as downy and powdery mildew. Conventional vineyard management often relies on fixed schedules for irrigation and pesticide application, which can lead to excessive use of water and agrochemicals, higher costs and negative environmental impacts. Digital agriculture technologies, particularly Internet-of-Things sensors and decision support systems, offer opportunities to make vineyard management more precise, efficient and sustainable. This study examines the application of Internet-of-Things sensors and decision support systems for sustainable vineyard management in the Aegean region of Greece. A network of wireless sensors measuring air temperature, relative humidity, leaf wetness, solar radiation, soil moisture and plant water status was installed in commercial vineyards on the mainland and islands. Sensor data were transmitted to a cloud platform and integrated with disease prediction models and irrigation scheduling algorithms to provide real-time recommendations to growers. Vineyards managed with decision support were compared with conventionally managed plots over several growing seasons in terms of irrigation water use, number of fungicide applications, disease incidence, yield, grape composition and production costs. The findings show that decision support-based management reduced irrigation water use and the number of fungicide sprays without increasing disease incidence or compromising yield and grape quality. Growers valued the timely alerts but noted challenges related to connectivity, technical skills and investment costs. The study concludes that Internet-of-Things-based decision support can significantly enhance the sustainability and climate resilience of Aegean viticulture.

**Keywords:** Internet of Things, decision support systems, precision viticulture, sustainable vineyard management, Aegean region

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# OPTIMIZING GRID-SCALE LITHIUM-ION BATTERY STORAGE FOR INTERMITTENT RENEWABLE ENERGY INTEGRATION IN URBAN POWER SYSTEMS

**Prof. Dr. Andreas Müller[1], Dr. Katharina Weber[2], Sebastian Hoffmann[1]**
[1]RWTH Aachen University, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Institute for Power Electronics and Electrical Drives, Aachen, Germany
[2]Karlsruhe Institute of Technology, Department of Electrical Engineering and Information Technology, Institute of Electric Energy Systems and High-Voltage Technology, Karlsruhe, Germany

## ABSTRACT

The rapid expansion of wind and solar power is transforming urban electricity systems, but the variable and partly unpredictable nature of these sources creates challenges for grid stability, power quality and the balance between supply and demand. Grid-scale lithium-ion battery storage has emerged as one of the most flexible tools for addressing these challenges, as it can provide frequency regulation, peak shaving, load shifting, voltage support and the absorption of surplus renewable generation. However, battery systems involve high investment costs and are subject to degradation that depends strongly on how they are operated, so their sizing, placement and control must be carefully optimized. This study investigates the optimization of grid-scale lithium-ion battery storage for integrating intermittent renewable energy into urban power systems, using a German metropolitan distribution and transmission network as a case study. A multi-objective optimization framework was developed that combines power flow simulation, high-resolution renewable generation and load profiles, and an electrochemical-thermal degradation model of lithium-ion cells. The framework determines optimal storage capacity, power rating and network location, together with operating strategies that balance economic revenue from multiple grid services against battery aging. Rule-based, model predictive and stochastic control strategies were compared under different renewable penetration scenarios. The findings show that optimally sized and located storage substantially reduces renewable curtailment, peak loads and line congestion while improving voltage stability. Model predictive control achieved the best compromise between grid benefits and degradation, extending battery lifetime compared with simpler strategies. Combining several services in a single system markedly improved economic viability. The study concludes that degradation-aware optimization is essential for the cost-effective deployment of battery storage in urban power systems with high shares of renewable energy.

**Keywords:** Lithium-ion batteries, energy storage, renewable integration, battery degradation, urban power systems

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THERMODYNAMIC EFFICIENCY ANALYSIS OF HYDROGEN FUEL CELLS FOR DECENTRALIZED RESIDENTIAL ENERGY GENERATION

**Assoc. Prof. Dr. Johanna Schneider[1], Markus Bauer[1], Prof. Dr. Thomas Wagner[2], Lena Fischer[3], Dr. Christian Richter[2]**

[1]Technical University of Munich, School of Engineering and Design, Chair of Energy Systems, Munich, Germany

[2]University of Stuttgart, Faculty of Energy, Process and Bio-Engineering, Institute of Building Energetics, Thermotechnology and Energy Storage, Stuttgart, Germany

[3]Forschungszentrum Jülich, Institute of Energy and Climate Research, Jülich, Germany

## ABSTRACT

Decentralized energy generation in residential buildings is gaining importance as energy systems move toward decarbonization, digitalization and greater consumer participation. Hydrogen fuel cell systems for combined heat and power offer a promising option, as they convert the chemical energy of hydrogen directly into electricity and useful heat with high efficiency, low noise and no local emissions other than water. Two technologies dominate residential applications: low-temperature proton exchange membrane fuel cells, which offer fast start-up and flexible operation, and high-temperature solid oxide fuel cells, which achieve higher electrical efficiency but require longer heating periods. A rigorous thermodynamic assessment is needed to understand where energy and exergy losses occur and how system performance can be improved. This study presents a thermodynamic efficiency analysis of hydrogen fuel cells for decentralized residential energy generation in Germany. Detailed steady-state and dynamic models of residential fuel cell systems, including stack, fuel processing, air supply, heat recovery and power electronics, were developed and validated with laboratory measurements. Energy and exergy analyses were performed under varying load conditions, operating temperatures and seasonal heat demand profiles of single-family and multi-family houses. The results identify the fuel cell stack and heat exchangers as the main sources of exergy destruction, followed by auxiliary components at part load. Solid oxide systems achieved higher electrical and exergetic efficiency, while membrane fuel cells performed better under frequently changing loads. Integration with thermal storage and heat pumps considerably improved overall system efficiency and the matching of supply with household demand. The study concludes that optimized system design and intelligent integration with building energy systems can make hydrogen fuel cells an efficient component of future decentralized residential energy supply.

**Keywords:** Hydrogen fuel cells, exergy analysis, combined heat and power, residential energy, decentralized generation

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# LIFE-CYCLE ASSESSMENT OF OFFSHORE WIND TURBINE FOUNDATIONS UNDER NORTH SEA ENVIRONMENTAL CONDITIONS

**Dr. Willem van der Berg[1], Sanne de Vries[2], Assis. Prof. Dr. Pieter Bakker[1]**
[1]Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Hydraulic Engineering, Delft, The Netherlands
[2]Leiden University, Faculty of Science, Institute of Environmental Sciences (CML), Leiden, The Netherlands

## ABSTRACT

Offshore wind energy is widely regarded as a cornerstone of European decarbonization strategies, and the North Sea has become one of the most important regions for its development. While offshore wind turbines generate electricity with very low operational emissions, the manufacturing, installation, maintenance and decommissioning of their components require substantial amounts of materials and energy. Foundations represent a significant share of these impacts, as they involve large quantities of steel and concrete and must withstand harsh marine conditions including strong waves, currents, corrosion and scour. As wind farms move into deeper waters, the choice of foundation type has growing environmental and economic consequences. This study presents a life-cycle assessment of offshore wind turbine foundations under North Sea environmental conditions. Following international life cycle assessment standards, the research compares monopile, jacket, gravity-based and floating foundation concepts for representative sites with different water depths and seabed conditions in the Dutch sector of the North Sea. The assessment covers raw material extraction, fabrication, transport, installation, operation and maintenance, and end-of-life scenarios including recycling and reuse. Site-specific environmental loads were used to determine structural dimensions, corrosion protection requirements and maintenance needs. Impact categories include global warming potential, cumulative energy demand, acidification, eutrophication and marine ecotoxicity. The findings show that steel production dominates the environmental impacts of most foundation types, and that the relative performance of each concept depends strongly on water depth. Monopiles perform best in shallow waters, while jackets and floating structures become more favorable in deeper areas. High recycling rates of steel at end of life significantly reduce overall impacts. The study concludes that site-specific foundation selection and circular end-of-life strategies are essential for minimizing the environmental footprint of offshore wind.

**Keywords:** Offshore wind, life cycle assessment, wind turbine foundations, North Sea, circular economy

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# MACHINE LEARNING APPROACHES FOR PREDICTIVE LOAD BALANCING IN SMART ENERGY DISTRIBUTION NETWORKS

**Prof. Dr. Johannes Visser[1], Anouk Jansen[1], Bram Meijer[2], Dr. Femke de Boer[2]**
[1]Eindhoven University of Technology, Department of Electrical Engineering, Electrical Energy Systems Group, Eindhoven, The Netherlands
[2]University of Twente, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Enschede, The Netherlands

## ABSTRACT

Electricity distribution networks are undergoing profound change as households and businesses adopt rooftop solar panels, electric vehicles, heat pumps and home batteries. These developments create highly variable and bidirectional power flows that can cause congestion, voltage violations and imbalances between phases, particularly in low-voltage networks that were not designed for such conditions. Traditional load balancing approaches based on static planning and reactive control are increasingly inadequate. The growing availability of smart meter data and advances in artificial intelligence open new possibilities for anticipating network conditions and managing loads proactively. This study investigates machine learning approaches for predictive load balancing in smart energy distribution networks in the Netherlands, where network congestion has become a pressing issue. Using smart meter, weather and network measurement data from residential distribution feeders, several forecasting models were developed and compared, including gradient boosting, long short-term memory neural networks and temporal convolutional networks, to predict household loads, solar generation and electric vehicle charging demand. The forecasts were integrated into a predictive control framework that coordinates flexible assets such as electric vehicle chargers, heat pumps and batteries, and a reinforcement learning agent was trained to optimize load balancing decisions. Performance was evaluated through simulation of realistic distribution networks under different adoption scenarios. The findings show that deep learning models achieved the most accurate short-term forecasts, particularly for aggregated loads. Predictive coordination of flexible assets significantly reduced peak loads, transformer overloading, phase imbalance and voltage deviations compared with uncoordinated operation, while respecting user comfort constraints. The reinforcement learning approach adapted well to changing conditions. The study concludes that machine learning-based predictive load balancing can help distribution networks accommodate the energy transition while deferring costly grid reinforcements.

**Keywords:** Machine learning, load balancing, smart grids, distribution networks, demand-side flexibility

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# TECHNO-ECONOMIC EVALUATION OF FLOATING SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN COLD-CLIMATE HYDROPOWER RESERVOIRS

**Assoc. Prof. Dr. Erik Johansen[1], Ingrid Hansen[2]**
[1]Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Information Technology and Electrical Engineering, Department of Electric Energy, Trondheim, Norway
[2]Institute for Energy Technology, Department of Solar Power Systems, Kjeller, Norway

## ABSTRACT

Floating solar photovoltaic systems are attracting increasing interest as a means of expanding renewable electricity generation without occupying valuable land. When installed on hydropower reservoirs, they offer additional advantages, including the use of existing grid connections, the potential for joint operation with hydropower to balance variability, reduced water evaporation and possible cooling effects that improve module efficiency. In cold-climate regions, however, floating solar faces specific challenges such as low winter irradiance, snow cover, ice formation, freeze-thaw cycles, strong winds and fluctuating reservoir levels, all of which affect technical design, energy yield and cost. This study presents a techno-economic evaluation of floating solar photovoltaic systems in cold-climate hydropower reservoirs in Norway. The research combines meteorological and reservoir data, energy yield simulations, structural considerations for ice and wind loads, and hydropower-solar co-operation modeling. Different system configurations, including fixed-tilt and low-profile designs, monofacial and bifacial modules, and alternative mooring and anchoring solutions, were analyzed for selected reservoirs at different latitudes. Economic performance was assessed through the levelized cost of electricity, net present value and sensitivity analyses of capital costs, electricity prices and degradation. The findings indicate that although annual specific yield is lower than in southern regions, floating solar in Norwegian reservoirs benefits from high summer irradiance, long daylight hours, low operating temperatures and albedo effects that favor bifacial modules. Joint operation with hydropower allows water to be saved during sunny periods, increasing the value of the combined system. Ice loads and mooring systems were identified as key cost drivers. The study concludes that floating solar can become a competitive complement to Nordic hydropower when designs are adapted to cold-climate conditions.

**Keywords:** Floating solar photovoltaics, hydropower reservoirs, cold climate, techno-economic analysis, hybrid renewable systems

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# CARBON CAPTURE AND STORAGE POTENTIAL OF DEPLETED OFFSHORE GAS FIELDS FOR LARGE-SCALE INDUSTRIAL DECARBONIZATION

**Prof. Dr. Lars Olsen[1], Kristine Berg[1], Assis. Prof. Dr. Magnus Larsen[2], Sigrid Nilsen[3], Dr. Håkon Andersen[2], Marte Kristiansen[4]**

[1]University of Stavanger, Faculty of Science and Technology, Department of Energy Resources, Stavanger, Norway

[2]Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Department of Geoscience, Trondheim, Norway

[3]University of Bergen, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Earth Science, Bergen, Norway

[4]SINTEF Industry, Department of Petroleum, Trondheim, Norway

## ABSTRACT

Heavy industries such as cement, steel, chemicals and waste incineration generate large carbon dioxide emissions that are difficult to eliminate through electrification or renewable energy alone. Carbon capture and storage is therefore widely regarded as an essential technology for achieving deep industrial decarbonization. Depleted offshore gas fields represent attractive storage options because their geological structures have demonstrated the ability to trap gas over geological time, their reservoir properties are well characterized from decades of production, and existing infrastructure may be reused. Nevertheless, their suitability depends on storage capacity, injectivity, caprock integrity, well integrity and the behavior of carbon dioxide under the low reservoir pressures typical of depleted fields. This study evaluates the carbon capture and storage potential of depleted offshore gas fields on the Norwegian continental shelf for large-scale industrial decarbonization. The research integrates geological characterization, reservoir simulation of carbon dioxide injection and migration, geomechanical analysis of caprock and fault stability, assessment of legacy well integrity and techno-economic analysis of transport and injection. Storage scenarios were modeled for selected fields under different injection rates and operational strategies, considering phase behavior, thermal effects and pressure build-up. The findings indicate that the studied fields offer substantial storage capacity sufficient to receive emissions from multiple industrial clusters in Northern Europe over several decades. Caprock and fault integrity were found to be adequate under planned pressure limits, while legacy wells represent the main leakage risk. The study concludes that depleted offshore gas fields can play a central role in industrial decarbonization when combined with robust monitoring and risk management.

**Keywords:** Carbon capture and storage, depleted gas fields, industrial decarbonization, reservoir simulation, North Sea

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DYNAMIC MODELING OF DEEP GEOTHERMAL HEAT EXTRACTION FOR DISTRICT HEATING IN HIGH-LATITUDE COMMUNITIES

**Dr. Ola Pedersen[1], Camilla Haugen[1], Prof. Dr. Bjørn Solberg[2], Astrid Moen[2]**
[1]UiT The Arctic University of Norway, Faculty of Science and Technology, Department of Geosciences, Tromsø, Norway
[2]Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Department of Energy and Process Engineering, Trondheim, Norway

## ABSTRACT

Communities at high latitudes face long and cold heating seasons, making space heating one of their largest energy needs. Many of these communities are small, remote and dependent on electricity or fossil fuels for heating, which creates vulnerability to price fluctuations and supply disruptions. Deep geothermal energy, which exploits heat stored in rock formations at depths of several kilometers, offers a stable, local and low-carbon heat source that is independent of weather conditions. In regions without volcanic activity, closed-loop deep borehole heat exchangers and enhanced geothermal systems are the most promising technologies, but their performance depends on the thermal properties of the subsurface, borehole design and the dynamics of heat demand. This study develops dynamic models of deep geothermal heat extraction for district heating in high-latitude communities in northern Norway. Coupled numerical models were built to simulate heat transfer in the subsurface and the borehole, the hydraulic and thermal behavior of the heat exchanger, and the operation of a district heating network supported by heat pumps and thermal storage. Subsurface parameters were derived from geological surveys and thermal conductivity measurements, while heat demand profiles reflected the extreme seasonal variation of Arctic climates. Long-term simulations evaluated outlet temperature, extracted heat, ground temperature recovery and system performance under different borehole depths, flow rates and operating strategies. The findings show that deep coaxial borehole heat exchangers can provide a reliable base load for small district heating networks, with heat pumps raising temperatures to the required level. Intermittent operation and seasonal thermal storage improved long-term sustainability by allowing partial recovery of ground temperatures. The study concludes that deep geothermal heating can contribute meaningfully to energy security in Arctic communities.

**Keywords:** Deep geothermal energy, district heating, borehole heat exchangers, dynamic modeling, Arctic communities

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# POLICY-DRIVEN TRANSITION PATHWAYS TOWARD RENEWABLE ENERGY SELF-SUFFICIENCY IN MEDITERRANEAN ISLAND ECONOMIES

**Prof. Dr. Georgios Papadopoulos[1], Eleni Nikolaou[2], Dr. Dimitrios Georgiou[3]**
[1]National Technical University of Athens, School of Electrical and Computer Engineering, Energy Policy Unit, Athens, Greece
[2]University of the Aegean, School of Environment, Department of Environment, Mytilene, Greece
[3]Technical University of Crete, School of Production Engineering and Management, Chania, Greece

## ABSTRACT

Mediterranean islands have historically depended on imported fossil fuels for electricity generation, often relying on isolated diesel or heavy fuel oil power stations that are expensive, polluting and vulnerable to supply disruptions. At the same time, these islands possess abundant renewable resources, particularly solar and wind energy, and their seasonal tourism economies create highly variable energy demand. Achieving renewable energy self-sufficiency would reduce costs and emissions, strengthen energy security and support sustainable local development, but it requires coordinated policies, investment in storage and grid infrastructure, and the acceptance of local communities. This study analyzes policy-driven transition pathways toward renewable energy self-sufficiency in Mediterranean island economies, with a focus on the Greek islands. The research combines energy system modeling with policy analysis and stakeholder consultation. Scenarios were developed for representative non-interconnected islands, examining combinations of solar, wind, battery storage, pumped hydro storage, green hydrogen, demand response and electrification of transport, as well as the option of interconnection with the mainland grid. These scenarios were linked to policy instruments including feed-in premiums, auctions, energy community legislation, simplified permitting and the smart island initiatives promoted by the European Union. Interviews with local authorities, energy cooperatives, utilities and tourism stakeholders explored social acceptance and governance challenges. The findings show that high renewable shares are technically and economically feasible, with storage and flexibility playing a decisive role in managing seasonal peaks. Supportive regulatory frameworks, community ownership and streamlined permitting were identified as key enablers, while landscape concerns, slow licensing and limited local capacity remain significant barriers. The study concludes that integrated and participatory policy pathways can turn Mediterranean islands into pioneers of the clean energy transition.

**Keywords:** Renewable energy transition, island energy systems, energy policy, self-sufficiency, Mediterranean islands

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE EFFECT OF INTERMITTENT FASTING ON GLYCEMIC CONTROL AND INSULIN SENSITIVITY IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS

**Prof. Dr. Aleksandr Ivanov[1], Dr. Elena Volkova[2], Mikhail Sokolov[1]**
[1]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Institute of Clinical Medicine, Department of Endocrinology, Moscow, Russia
[2]Endocrinology Research Centre, Institute of Diabetes, Moscow, Russia

## ABSTRACT

Type 2 diabetes mellitus is a chronic metabolic disorder characterized by insulin resistance and progressive beta-cell dysfunction, and its prevalence continues to rise worldwide alongside obesity and sedentary lifestyles. Lifestyle modification, particularly dietary intervention, remains the foundation of diabetes management, yet many patients find conventional continuous calorie restriction difficult to maintain. Intermittent fasting, which alternates periods of eating with periods of voluntary fasting, has gained attention as an alternative dietary strategy that may improve metabolic health through mechanisms such as weight loss, reduced hepatic glucose output, enhanced insulin signaling and metabolic switching from glucose to fatty acid utilization. However, concerns remain regarding hypoglycemia and the safety of fasting in patients receiving glucose-lowering medications. This study investigates the effect of intermittent fasting on glycemic control and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes mellitus. A randomized controlled trial was conducted in adult patients with overweight or obesity, who were assigned either to a time-restricted eating protocol or to a standard calorie-restricted diet, with comparable energy targets, for several months. Medication doses were adjusted under medical supervision to prevent hypoglycemia. Outcomes included glycated hemoglobin, fasting plasma glucose, fasting insulin, insulin resistance indices, continuous glucose monitoring parameters, body weight, body composition, lipid profile and adherence. The findings show that intermittent fasting produced significant improvements in glycated hemoglobin, fasting glucose and insulin sensitivity, comparable to or slightly greater than those achieved with continuous calorie restriction, together with meaningful reductions in body weight and visceral fat. Glycemic variability decreased and adherence was generally good. Hypoglycemic episodes were rare and mild with appropriate medication adjustment. The study concludes that intermittent fasting is a safe and effective dietary option for patients with type 2 diabetes under medical supervision.

**Keywords:** Intermittent fasting, type 2 diabetes mellitus, glycemic control, insulin sensitivity, time-restricted eating

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# DIGITAL HEALTH INTERVENTIONS AND TELEMEDICINE ADOPTION FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT IN UNDERSERVED RURAL AREAS

**Prof. Dr. Vikram Singh[1], Ananya Banerjee[2], Dr. Ravi Menon[3], Sunita Patel[1], Arjun Deshmukh[2]**

[1]All India Institute of Medical Sciences, Centre for Community Medicine, New Delhi, India
[2]Tata Institute of Social Sciences, School of Health Systems Studies, Mumbai, India
[3]Manipal Academy of Higher Education, Prasanna School of Public Health, Manipal, India

## ABSTRACT

Chronic diseases such as hypertension, diabetes, chronic respiratory diseases and cardiovascular conditions represent a growing burden in rural areas of low- and middle-income countries, where access to specialist care is limited by long distances, shortages of health professionals, transport costs and weak health infrastructure. Digital health interventions, including telemedicine consultations, mobile health applications, text message reminders and remote monitoring, offer opportunities to extend care to underserved populations and to support continuous disease management. Their success, however, depends on technological, social and organizational factors. This study examines digital health interventions and telemedicine adoption for chronic disease management in underserved rural areas of India. A mixed-methods design was used, combining a survey of patients with chronic diseases, analysis of service utilization records from telemedicine-enabled primary health centers, and in-depth interviews with patients, community health workers, medical officers and specialists. Clinical outcomes such as blood pressure and blood glucose control were compared between patients receiving telemedicine-supported care and those receiving routine care. The findings show that telemedicine improved access to specialist advice, reduced travel time and costs, and supported better follow-up and medication adherence, which was associated with improved disease control. Community health workers played a crucial role as intermediaries, helping patients navigate digital platforms. Adoption was influenced by digital literacy, smartphone ownership, network connectivity, language, gender and trust in remote consultations, with older adults and women facing greater barriers. Providers highlighted workload, interoperability and data privacy as concerns. The study concludes that digital health can strengthen chronic disease care in rural areas when combined with community health workers, reliable infrastructure and culturally adapted, patient-centered design.

**Keywords:** Telemedicine, digital health, chronic disease management, rural health, India

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE ROLE OF VITAMIN D SUPPLEMENTATION IN BONE HEALTH AND IMMUNE FUNCTION AMONG THE ELDERLY POPULATION

**Assis. Prof. Dr. Suresh Nair[1], Dr. Kavita Reddy[2]**
[1]Amrita Institute of Medical Sciences, Department of Geriatric Medicine, Kochi, India
[2]Nizam's Institute of Medical Sciences, Department of Endocrinology and Metabolism, Hyderabad, India

## ABSTRACT

Vitamin D deficiency is highly prevalent among older adults worldwide, including in sunny countries, owing to reduced skin synthesis with aging, limited outdoor activity, covered clothing, darker skin pigmentation, inadequate dietary intake and chronic disease. Vitamin D plays a central role in calcium and phosphate metabolism and bone mineralization, and its deficiency contributes to osteoporosis, muscle weakness, falls and fractures, which are major causes of disability in the elderly. In addition, vitamin D receptors are present in many immune cells, and growing evidence suggests that vitamin D modulates both innate and adaptive immunity, potentially influencing susceptibility to infections and chronic inflammation. This study examines the role of vitamin D supplementation in bone health and immune function among the elderly population in India. A prospective interventional study was conducted among community-dwelling older adults with vitamin D insufficiency or deficiency, who received daily cholecalciferol supplementation with calcium or calcium alone for several months. Outcomes included serum vitamin D, parathyroid hormone and bone turnover markers, bone mineral density measured by dual-energy X-ray absorptiometry, muscle strength, physical performance, fall incidence, inflammatory markers, immune cell profiles and the frequency of respiratory infections. The findings show that vitamin D supplementation effectively corrected deficiency, reduced parathyroid hormone and bone resorption markers, and was associated with improvements in muscle strength, balance and bone density compared with the control group. Participants receiving vitamin D also showed reduced levels of inflammatory markers and fewer acute respiratory infections. Supplementation was well tolerated. The study concludes that routine screening and appropriate vitamin D supplementation should be considered an important component of healthy aging strategies.

**Keywords:** Vitamin D, elderly, bone health, immune function, supplementation

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERNS AND THE PROMOTION OF RATIONAL ANTIBIOTIC USE IN TERTIARY CARE HOSPITALS

**Prof. Dr. Rajesh Kumar[1], Priya Sharma[1], Dr. Anil Gupta[2], Meena Iyer[3]**
[1]Postgraduate Institute of Medical Education and Research, Department of Medical Microbiology, Chandigarh, India
[2]All India Institute of Medical Sciences, Department of Microbiology, New Delhi, India
[3]Sri Ramachandra Institute of Higher Education and Research, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacy Practice, Chennai, India

## ABSTRACT

Antimicrobial resistance is one of the most serious threats to global health, undermining the effectiveness of treatments for common infections and increasing morbidity, mortality and healthcare costs. Tertiary care hospitals are particularly important settings for the emergence and spread of resistant organisms because of the high intensity of antibiotic use, invasive procedures, critically ill patients and frequent patient transfers. Inappropriate prescribing, including unnecessary use of broad-spectrum antibiotics, incorrect dosing and prolonged courses, is a major driver of resistance. Understanding local resistance patterns and implementing antimicrobial stewardship programs are therefore essential. This study examines antimicrobial resistance patterns and the promotion of rational antibiotic use in tertiary care hospitals in India. Clinical isolates from blood, urine, respiratory and wound samples were analyzed to determine the distribution of pathogens and their antimicrobial susceptibility, with particular attention to extended-spectrum beta-lactamase producers, carbapenem-resistant Enterobacterales, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa and methicillin-resistant Staphylococcus aureus. In parallel, antibiotic prescribing practices were audited before and after the implementation of an antimicrobial stewardship program that included institutional treatment guidelines, prospective audit and feedback, restriction of reserve antibiotics, and education of physicians and nurses. The findings revealed high levels of resistance among Gram-negative bacteria, including widespread resistance to cephalosporins and fluoroquinolones and a worrying prevalence of carbapenem resistance, especially in intensive care units. Following the stewardship intervention, the use of broad-spectrum and reserve antibiotics decreased, adherence to guidelines and culture-directed therapy improved, and the duration of therapy shortened without adverse effects on patient outcomes. The study concludes that local surveillance and multidisciplinary stewardship are essential for preserving antibiotic effectiveness.

**Keywords:** Antimicrobial resistance, antimicrobial stewardship, rational antibiotic use, tertiary care hospitals, India

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EFFECTIVENESS OF COMMUNITY-BASED MENTAL HEALTH PROGRAMS IN REDUCING SYMPTOMS OF DEPRESSION AND ANXIETY

**Assoc. Prof. Dr. Sri Wahyuni[1], Agus Setiawan[1], Dr. Putu Gede Wirawan[2]**
[1]Universitas Gadjah Mada, Faculty of Medicine, Public Health and Nursing, Department of Psychiatry, Yogyakarta, Indonesia
[2]Udayana University, Faculty of Medicine, Department of Psychiatry, Denpasar, Indonesia

## ABSTRACT

Depression and anxiety disorders are among the leading causes of disability worldwide, yet in many low- and middle-income countries most people affected receive no treatment. The treatment gap is driven by a shortage of mental health professionals, the concentration of services in urban psychiatric hospitals, stigma and limited awareness of mental health problems. Community-based mental health programs, which deliver care through primary health services, trained lay health workers and community organizations, offer a promising approach to closing this gap. This study evaluates the effectiveness of community-based mental health programs in reducing symptoms of depression and anxiety in Indonesia. A quasi-experimental design was used in which adults with mild to moderate depression or anxiety in districts implementing a community mental health program were compared with participants in districts receiving usual care. The program included screening at community health centers, psychoeducation, brief psychological interventions such as problem-solving therapy and behavioral activation delivered by trained nurses and community health workers, peer support groups and referral pathways to specialist care. Symptoms were measured using the Patient Health Questionnaire and the Generalized Anxiety Disorder scale at baseline and follow-up, together with measures of functioning, quality of life and help-seeking attitudes. Qualitative interviews explored participants' and providers' experiences. The findings show that participants in the program experienced significantly greater reductions in depressive and anxiety symptoms and greater improvements in functioning and quality of life than those receiving usual care. Stigma decreased and help-seeking increased. Participants valued the accessibility of services and the support of trusted community members. The study concludes that community-based mental health programs are effective and should be scaled up within primary care.

**Keywords:** Community mental health, depression, anxiety, task-sharing, Indonesia

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY LEVELS, DIETARY HABITS, AND THE RISING PREVALENCE OF OBESITY AMONG ADOLESCENTS

**Dr. Rizki Pratama**[1]
[1]Universitas Indonesia, Faculty of Public Health, Department of Nutrition, Depok, Indonesia

## ABSTRACT

Adolescent obesity has become a major and growing public health concern in both high-income and developing countries, including those undergoing rapid nutrition transition. Obesity in adolescence is associated with metabolic disorders, hypertension, psychological problems such as low self-esteem and depression, and a high likelihood of persisting into adulthood, where it increases the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. Changes in lifestyle related to urbanization, including reduced physical activity, increased screen time, greater consumption of fast food, sugar-sweetened beverages and processed snacks, and irregular eating patterns, are considered important contributors to this trend. This study therefore examines the relationship between physical activity levels, dietary habits and the rising prevalence of obesity among adolescents in Indonesia. A school-based cross-sectional study was conducted among junior and senior high school students in urban and peri-urban areas. Anthropometric measurements were taken to determine body mass index for age and waist circumference. Physical activity was assessed using a validated adolescent questionnaire, while dietary habits were evaluated through a food frequency questionnaire and repeated dietary recalls. Information on screen time, sleep duration, breakfast habits, family socioeconomic status and the school food environment was also collected. The findings show that overweight and obesity were common, particularly among adolescents in urban schools and from higher-income families. Low physical activity, prolonged screen time, frequent consumption of fast food and sugar-sweetened beverages, skipping breakfast and short sleep duration were significantly associated with obesity. Adolescents who met physical activity recommendations and consumed fruits and vegetables regularly had a lower risk. The study concludes that comprehensive school- and family-based interventions are needed to promote healthy lifestyles.

**Keywords:** Adolescent obesity, physical activity, dietary habits, screen time, Indonesia

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE IMPACT OF LONG-TERM AIR POLLUTION EXPOSURE ON RESPIRATORY HEALTH OUTCOMES AND LUNG FUNCTION IN URBAN POPULATIONS

**Prof. Dr. Budi Santoso[1], Siti Rahmawati[2], Dr. Ahmad Wijaya[1], Ni Made Ari[3], Assoc. Prof. Dr. Bambang Sutrisno[2], Dewi Lestari[4]**

[1]Universitas Indonesia, Faculty of Medicine, Department of Pulmonology and Respiratory Medicine, Jakarta, Indonesia

[2]Universitas Airlangga, Faculty of Public Health, Department of Environmental Health, Surabaya, Indonesia

[3]Udayana University, Faculty of Medicine, Department of Community and Preventive Medicine, Denpasar, Indonesia

[4]Universitas Gadjah Mada, Faculty of Medicine, Public Health and Nursing, Department of Epidemiology, Yogyakarta, Indonesia

## ABSTRACT

Air pollution is one of the most important environmental risk factors for disease worldwide, and its burden is particularly heavy in rapidly growing cities of low- and middle-income countries. Fine particulate matter, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and ozone, generated mainly by road traffic, industry, power generation and biomass burning, can penetrate deep into the respiratory tract, causing inflammation, oxidative stress and structural damage. While the acute effects of pollution episodes are well recognized, the consequences of long-term exposure for chronic respiratory disease and lung function in urban populations require further investigation. This study examines the impact of long-term air pollution exposure on respiratory health outcomes and lung function in urban populations in Indonesia. A population-based cohort design was used involving adults living in neighborhoods of major cities with different levels of air pollution. Long-term exposure to fine particulate matter and nitrogen dioxide was estimated at participants' residences using land use regression models combined with monitoring station and satellite data. Respiratory symptoms, diagnosed asthma and chronic obstructive pulmonary disease were assessed through standardized questionnaires and medical records, and lung function was measured by spirometry at baseline and follow-up. Statistical models were adjusted for age, sex, smoking, occupation, household fuel use and socioeconomic status. The findings show that higher long-term exposure to fine particulate matter and nitrogen dioxide was significantly associated with chronic cough, wheezing, asthma and chronic obstructive pulmonary disease, as well as reduced lung function and a faster decline over time. Associations were stronger among older adults, outdoor workers and residents near major roads. The study concludes that stricter air quality policies and urban planning are urgently needed to protect respiratory health.

**Keywords:** Air pollution, respiratory health, lung function, particulate matter, urban populations

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# EVALUATION OF MATERNAL HEALTHCARE ACCESS AND ANTENATAL CARE UTILIZATION IN LOW-RESOURCE PRIMARY HEALTH SETTINGS

**Assis. Prof. Dr. Bénédicte Hounkpatin[1], Sègla Dossou[1], Dr. Marius Adjagba[2], Florentine Agbeko[2]**

[1]University of Abomey-Calavi, Regional Institute of Public Health Comlan Alfred Quenum, Ouidah, Benin

[2]University of Parakou, Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology, Parakou, Benin

## ABSTRACT

Maternal health remains a major public health challenge in sub-Saharan Africa, where many women continue to die from preventable complications of pregnancy and childbirth. Antenatal care is a key intervention for improving maternal and newborn outcomes, as it allows the early detection and management of conditions such as hypertension, anemia, infections and malaria, provides immunization and nutritional supplementation, and prepares women for safe delivery. International guidelines recommend early initiation and a sufficient number of contacts during pregnancy, yet many women start care late or attend irregularly. This study evaluates maternal healthcare access and antenatal care utilization in low-resource primary health settings in Benin. A mixed-methods design was used, combining a community-based household survey of women who had recently given birth, facility assessments of primary health centers and qualitative interviews and focus group discussions with women, husbands, community leaders, midwives and health managers. Access was examined in terms of geographical, financial, organizational and sociocultural dimensions, and the quality of antenatal services was assessed against national standards. The findings show that although most women attended at least one antenatal visit, many initiated care late in pregnancy and did not complete the recommended number of contacts. Long distances, transport difficulties, informal costs, the need for husbands' permission, limited knowledge of the importance of early care and negative experiences with health workers were major barriers. Facilities frequently faced shortages of qualified staff, equipment and essential supplies. The study concludes that improving access and quality of antenatal care requires community engagement, financial protection and stronger primary health systems.

**Keywords:** Maternal health, antenatal care, healthcare access, primary health care, Benin

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# PREVALENCE AND DETERMINANTS OF ACUTE MALNUTRITION AMONG CHILDREN UNDER FIVE YEARS OF AGE IN RURAL COMMUNITIES

**Dr. Kossi Adjovi[1], Prof. Dr. Rachidatou Aboudou[2]**
[1]University of Abomey-Calavi, Faculty of Agronomic Sciences, School of Nutrition, Food Sciences and Technology, Cotonou, Benin
[2]University of Abomey-Calavi, Faculty of Health Sciences, Department of Pediatrics, Cotonou, Benin

## ABSTRACT

Acute malnutrition, manifested as wasting and nutritional edema, remains one of the leading causes of morbidity and mortality among young children in sub-Saharan Africa. It weakens the immune system, increases vulnerability to infections such as diarrhea, pneumonia and malaria, and can have lasting effects on growth and cognitive development. Rural communities are particularly affected because of poverty, food insecurity, seasonal shortages, limited access to clean water and sanitation, and inadequate health services. Understanding both the magnitude and determinants of acute malnutrition at the local level is therefore essential for designing effective prevention and treatment programs. This study determines the prevalence and determinants of acute malnutrition among children under five years of age in rural communities of Benin. A community-based cross-sectional study was conducted using multistage sampling of households. Anthropometric measurements, including weight, height and mid-upper arm circumference, were taken and nutritional status was classified according to international growth standards. Information on child feeding practices, recent illnesses, immunization, maternal characteristics, household food security, water, sanitation and hygiene, and access to health services was collected through structured interviews with mothers and caregivers. The findings show that acute malnutrition was a significant public health problem in the study area, with the highest burden among children in the second year of life. Inadequate dietary diversity, non-exclusive breastfeeding in the first months, recent diarrhea or fever, household food insecurity, low maternal education, poor access to safe water and unimproved sanitation were significantly associated with acute malnutrition. Seasonal variations linked to the lean period were also observed. The study concludes that integrated nutrition-sensitive and nutrition-specific interventions are urgently needed to reduce child malnutrition.

**Keywords:** Acute malnutrition, wasting, children under five, rural communities, Benin

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# FARKLI İKLİM KOŞULLARINDA FOTOVOLTAİK SİSTEM PERFORMANSININ PVSYST İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ VE KARAKTERİZASYONU

**[1] Yüksek Lisans Öğrencisi Ülkü Köse**

İzmir Bakırçay Üniversitesi,
ulkukose1@gmail.com, ORCID: 0009-0007-5770-8180

**[2]Dr. Öğr. Üyesi Bayram KÖSE**
İzmir Bakırçay Üniversitesi
bayram.kose@bakircay.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0256-5921

## ÖZET

Küresel ısınmanın olumsuz etkilerini en aza indirmek, artan enerji talebini karşılamak ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak ihtiyacı, yenilenebilir enerjiye olan talebi artırmıştır. Güneş enerjisi sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları içinde kullanım alanı ve teknolojik gelişimi açısından artan bir ivmeyle öne çıkmaktadır. Gelişen teknoloji, azalan maliyetler ile lisanslı ve lisanssız üretim seçenekleri, güneş enerjisi sistemlerinin kullanımını ve yaygınlaşmasını hızlandırmaktadır. Ancak fotovoltaik (PV) sistemlerin performansı, kurulu oldukları bölgenin iklim koşullarından (güneş ışınımı, sıcaklık, rüzgar hızı vb.) doğrudan etkilenmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerini temsil eden İzmir, Sinop, Hatay ve Van illerinde kurulu varsayılan fotovoltaik sistemlerin performansı PVsyst yazılımı kullanılarak karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Dört şehir için aynı kapasite ve aynı panel seçimi esas alınarak, meteorolojik veri tabanlarından elde edilen ışınım, sıcaklık ve rüzgar verileriyle sistem simülasyonları gerçekleştirilmekte; performans oranı (PR), kapasite faktörü ve yıllık enerji üretimi gibi parametreler bölgeler arasında karşılaştırılmaktadır. Çalışmanın amacı, iklimsel farklılıkların PV sistem verimliliği üzerindeki etkisini ortaya koyarak, farklı iklim koşullarına sahip bölgeler için sistem tasarımı ve panel seçimi

[1]Bu çalışma, Ülkü Köse'nin İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlamakta olduğu "Farklı İklim Koşullarında Fotovoltaik Sistem Performansının PVsyst ile Karşılaştırmalı Analizi ve Karakterizasyonu" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir (2026, henüz yayınlanmamıştır).

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INTEGER- AND FRACTIONAL-ORDER ANALOG CIRCUIT DESIGN OF THE IQBAL–WANG HYPERCHAOTIC SYSTEM

**Mehmet Sait ATEŞMEN**

Tarsus University, Institute of Graduate Studies, Department of Electrical and Electronics Engineering

satesmen@gmail.com – 0009-0000-4412-963X

**Assoc. Prof. Dr. Serdar ÇİÇEK**

Tarsus University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering

serdarcicek@tarsus.edu.tr; serdarcicek@gmail.com - 0000-0002-8738-3985

## ABSTRACT

Realizing fractional-order chaotic and hyperchaotic systems in analog electronic hardware is important both for physically validating their complex dynamics and for adapting such systems to engineering applications such as secure communication and encryption. However, because an ideal fractional-order integrator cannot be realized directly with standard physical circuit elements, suitable rational approximation and circuit synthesis methods are required. In this study, the fractional-order case (q = 0.98) of the four-dimensional hyperchaotic system proposed by Iqbal and Wang was implemented as an analog electronic circuit, and the numerical results were validated against analog circuit simulations. To this end, the fractional-order integrator was modeled using the Oustaloup rational approximation, and the resulting rational transfer function was expanded into partial fractions according to Foster Type-I synthesis; the equivalent fractance network was then realized with the resistor and capacitor values obtained. In the fractance circuit design, frequency and impedance scaling were applied for a center frequency of 398 Hz and an approximation band of 39.8–3980 Hz, yielding RC values suitable for physical implementation. The fractance circuit was incorporated into the Iqbal–Wang hyperchaotic circuit and simulated in OrCAD PSpice; the simulation outputs were compared with the MATLAB numerical results in terms of the time series of the state variables and the two-dimensional phase portraits. The comparison showed close agreement in the overall variation and amplitude ranges of the time series, as well as in the geometric structure of the attractors obtained on the two platforms. The dynamic behaviour of the fractional-order hyperchaotic system predicted by numerical analysis was thus verified by the analog circuit results.

**Keywords:** Fractional-Order Calculus, Fractional-Order Hyperchaotic System, Analog Circuit Realization, RC Fractance Network.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. INTRODUCTION

Chaotic systems are nonlinear dynamical systems that, despite their deterministic nature, exhibit high sensitivity to initial conditions. Such systems are widely used to model natural phenomena and engineering systems [1]. Hyperchaotic systems exhibit more complex dynamical properties than conventional chaotic systems, since they possess at least two positive Lyapunov exponents [2]. The noise-like and complex signals generated by these systems have made hyperchaos increasingly important in engineering applications such as secure communication and encryption [3].

The first hyperchaotic system in the literature was introduced by Rössler as a four-dimensional oscillator with second-order nonlinear terms [4]. Memristor-based hyperchaotic systems have also been widely employed in image encryption owing to the complex chaotic sequences they generate [5–7].

The application of fractional calculus to chaotic systems has enabled more realistic and accurate modeling by accounting for their memory effects [8]. Owing to this property, fractional-order models are widely used in various fields of electrical and electronics engineering, particularly in analog filter design [9], control systems [10], signal processing [11], data security and cryptography [12], and communication systems [13]. They have also found extensive application in interdisciplinary areas such as thermodynamics, biochemistry, medicine, mechatronics, and nanotechnology [14,15]. Notably, the fractional-order forms of chaotic and hyperchaotic systems introduce an additional design parameter that affects the system dynamics, thereby enabling richer dynamical behavior. In this study, integer- and fractional-order ($q = 0.98$) analog electronic circuit designs of the four-dimensional hyperchaotic system proposed by Iqbal and Wang [2] were realized in order to validate its dynamical behaviour through an analog hardware implementation.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents the mathematical model of the system and describes the methodology and design steps, including the realization of the integer- and fractional-order circuit structures. Section 3 comparatively evaluates the numerical findings obtained from the mathematical model and the analog circuit simulation results in terms of the time series of the state variables and the two-dimensional phase portraits. Finally, Section 4 summarizes the main findings and discusses potential future applications.

## 2. MATHEMATICAL MODEL AND ANALOG CIRCUIT DESIGNS OF THE HYPERCHAOTIC SYSTEM

This section presents the mathematical model of the Iqbal–Wang hyperchaotic system [2] and describes the methodology used to realize the integer- and fractional-order analog electronic circuit designs of the system. The system equations are introduced first. The design steps of the analog circuit implementation, including amplitude scaling, gain calculations, the rational approximation method, and the determination of circuit element values, are then described.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

### 2.1. Mathematical Model of the Iqbal–Wang Hyperchaotic System

The Iqbal–Wang hyperchaotic system is a nonlinear autonomous dynamical system with four state variables [2]. It consists of four differential equations containing both linear and nonlinear terms. The mathematical model of the hyperchaotic system considered in this study is given in Equation (1):

$$\frac{dx}{dt} = a_1(w - x) + a_2 y; \quad \frac{dy}{dt} = w - a_3 x; \quad \frac{dz}{dt} = xw - a_4 z; \quad \frac{dw}{dt} = -xz + a_5 w \qquad (1)$$

Here, *x*, *y*, *z* and *w* represent the state variables, and $a_1, a_2, a_3, a_4,$ and $a_5$ denote the system parameters. The nominal parameter values at which the system exhibits hyperchaotic behavior are taken as $a_1 = 30, a_2 = 1, a_3 = 0.4, a_4 = 3$ and $a_5 = 19$.

To realize these differential equations with an analog electronic circuit, amplitude scaling was first applied to the system equations. Since the maximum amplitudes of the state variables in the theoretical model exceed the linear operating range of the operational amplifiers, an amplitude scaling factor of 1/15 was applied, which preserves the original chaotic dynamics of the system. This transformation leaves the state-space structure of the system unchanged, whereas the nonlinear product terms acquire a coefficient of 15. The equations obtained after amplitude scaling are given in Equation (2):

$$\frac{dx}{dt} = 30w - 30x + y; \quad \frac{dy}{dt} = w - 0.4x; \quad \frac{dz}{dt} = 15xw - 3z; \quad \frac{dw}{dt} = -15xz + 19w \qquad (2)$$

The scaled state equations were realized in analog hardware using an inverting integrator topology. Accordingly, taking the sign inversions introduced by the inverting integrator into account, the integrator input equations for each state variable are given in Equation (3):

$$-\frac{dx}{dt} = -30w + 30x - y; \; -\frac{dy}{dt} = -w + 0.4x; \; -\frac{dz}{dt} = -15xw + 3z; \; -\frac{dw}{dt} = 15xz - 19w \qquad (3)$$

These expressions provided the basis for determining the input resistor and gain values used in the analog circuit. In addition, the 1/10 attenuation factor at the output of the AD633 analog multiplier IC, which realizes the nonlinear xw and xz product terms, was compensated for by adjusting the resistor values at the integrator inputs.

### 2.2. Integer-Order Analog Electronic Circuit Design

The scaled system equations were realized in the analog circuit on the basis of Kirchhoff's current and voltage laws. An inverting integrator block was constructed for each state variable (*x*, *y*, *z*, and *w*). The capacitor and resistor values used in these blocks determine the time constant of the system and the gains of the corresponding terms.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Time scaling was applied in order to match the operating frequency of the circuit to the practical bandwidth of the physical components, including the operational amplifiers and the analog multipliers, and to prevent signal clipping. A standard capacitor value of C = 5 nF and a reference resistor value of $R_{\mathrm{ref}} = 80\ \mathrm{k\Omega}$ were selected for all integrator blocks so that the circuit would operate in a frequency range allowing reliable signal processing with minimal phase shift and amplitude distortion. For the inverting integrator configuration, these values yield a reference frequency of approximately 398 Hz according to the relation $f_{ref} = 1/(2\pi R_{ref} C)$.

Using the theoretical resistor values calculated from the integrator input equations given in Section 2.1, the integer-order (q = 1) analog circuit schematic of the hyperchaotic system was developed in OrCAD PSpice, as shown in Figure 1. Two AD633 analog multiplier ICs were used to implement the nonlinear *xw* and *xz* product terms, and all summation and integration operations were realized with TL081 operational amplifiers.

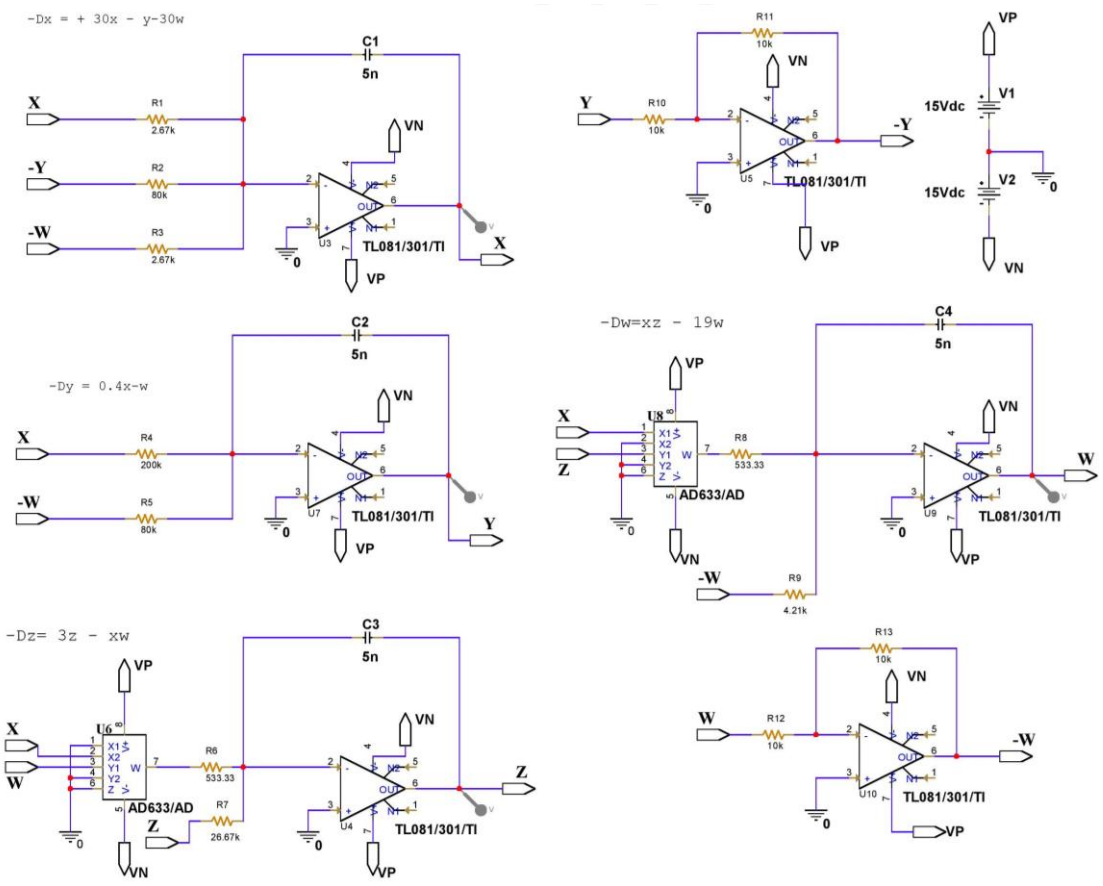



**Figure 1.** Circuit schematic of the Iqbal–Wang hyperchaotic system.

## 2.3. Fractional-Order Analog Electronic Circuit Design

Since no standard physical circuit device can directly perform fractional-order integration, approximation methods are used to realize fractional-order integrators in analog circuits

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

[16,17]. In these methods, the ideal fractional-order integrator operator 1/s^q is approximated by integer-order rational transfer functions over a specified operating frequency band [18]. Several such methods have been reported in the literature, including the continued fraction expansion (CFE) [10,16] and the methods of Oustaloup, Charef, and Matsuda [17,19,20]. The resulting rational transfer functions can then be converted into fractance networks composed of resistors and capacitors for analog circuit realization [10,21].

The fractional order $q$ = 0.98 was selected because the hyperchaotic dynamics of the Iqbal–Wang system at this order have already been validated numerically [2], which allows the analog circuit results to be compared directly with the corresponding theoretical findings. In the reference study, the Lyapunov exponents for $q$ = 0.98 were reported as 2.1747, 0.0190, −0.0003, and −17.3006, and the hyperchaotic behaviour of the system was confirmed by the two positive exponents and a Kaplan–Yorke dimension of D_KY = 3.1268 [2]. The effect of the fractional order on the system dynamics was also examined over the range $0.80 \leq q \leq 1$, within which $q$ = 0.98 represents the case closest to the integer-order system while still exhibiting hyperchaotic behaviour.

Different rational approximation methods and RC network structures have been used in the literature to realize fractional-order integrators, including examples for $q$ = 0.98. In the fractance circuit realized for $q$ = 0.98 by Luthra and Shukla [22], the component values were reported as $R_1$ = 91.17 MΩ, $C_1$ = 1.06 μF; $R_2$ = 32.04 kΩ, $C_2$ = 8.5 μF; and $R_3$ = 101.12 Ω, $C_3$ = 7.59 μF. Similarly, in another study [23], the realization of the q = 0.98 integrator with a reference value of $C_0$ = 1 μF yielded $R_1$ = 91.18 MΩ, $R_2$ = 190.9 Ω, $C_1$ = 975.32 nF, and $C_2$ = 3.68 μF. The resistors in the 90 MΩ range and the capacitors in the microfarad range used in these examples complicate practical implementation because of component tolerances, leakage currents, and parasitic effects.

In this study, the Oustaloup rational approximation was used to obtain the rational transfer function for the analog realization of the q = 0.98 fractional-order integrator [17]. The center frequency of the fractance circuit was matched to the 398 Hz reference frequency of the chaotic circuit, and the approximation band and order were set to 39.8–3980 Hz and $N$ = 1, respectively. To facilitate analog realization, the highest-frequency zero of the approximation was removed from the transfer function, yielding a strictly proper structure with three poles and two zeros. After gain normalization at the center frequency, the resulting transfer function for $q$ = 0.98 is given in Equation (4):

$$H(s) = 1.2120549\frac{(s+1143.04398)(s+5305.54017)}{(s+253.93912)(s+1178.68098)(s+5470.95245)} \quad (4)$$

The obtained transfer function was subjected to partial fraction decomposition, and the resulting terms were converted into a Foster Type-I RC fractance network [14] consisting of series-connected parallel resistor-capacitor branches, as shown in Figure 2. Subsequently, frequency ($k_f$) and impedance ($k_m$) scaling factors were applied to the normalized circuit parameters, with a design center frequency of $f_c$ = 398 Hz and a reference middle-branch capacitance of $C_{mid}$ =

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

5 nF. As a result of the scaling, the circuit component values were calculated as $R_1$ = 9.3274 MΩ, $C_1$ = 0.1990 nF ($f_1$ = 85.75 Hz); $R_2$ = 79.9774 kΩ, $C_2$ = 5.0000 nF ($f_2$ = 398.00 Hz) and $R_3$ = 14.8670 kΩ, $C_3$ = 5.7949 nF ($f_3$ = 1847.35 Hz). The designed fractional-order analog circuit is presented in Figure 3.

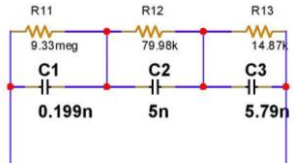



Figure 2. Fractance circuit ($q$ = 0.98, $C_{mid}$ = 5 nF).

The RC component values obtained in this study can be compared with the $q$ = 0.98 fractional-order integrator realizations reported in the literature. In the fractance circuit realized by Luthra and Shukla [22], the component values were reported as $R_1$ = 91.17 MΩ, $C_1$ = 1.06 μF; $R_2$ = 32.04 kΩ, $C_2$ = 8.5 μF; and $R_3$ = 101.12 Ω, $C_3$ = 7.59 μF. Similarly, the realization of the $q$ = 0.98 integrator with a reference parameter of $C_o$ = 1 μF by Hammouch and Mekkaoui [23] yielded $R_1$ = 91.18 MΩ, $R_2$ = 190.933 Ω, $C_1$ = 975.32 nF, and $C_2$ = 3.68 μF. Resistances of this magnitude and microfarad-level capacitances can adversely affect circuit behavior in practical implementations because of component tolerances, leakage currents, and parasitic effects. Since the component values of a fractance network depend directly on the frequency band for which it is designed, such realizations should be evaluated not only in terms of the accuracy of the mathematical approximation but also in terms of the target operating frequency and the resulting hardware constraints. In the present design, the frequency and impedance scaling performed for a center frequency of 398 Hz limited the maximum resistance to 9.3274 MΩ and kept all capacitances in the nanofarad range, yielding $RC$ values better suited to practical circuit realization at this operating frequency.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

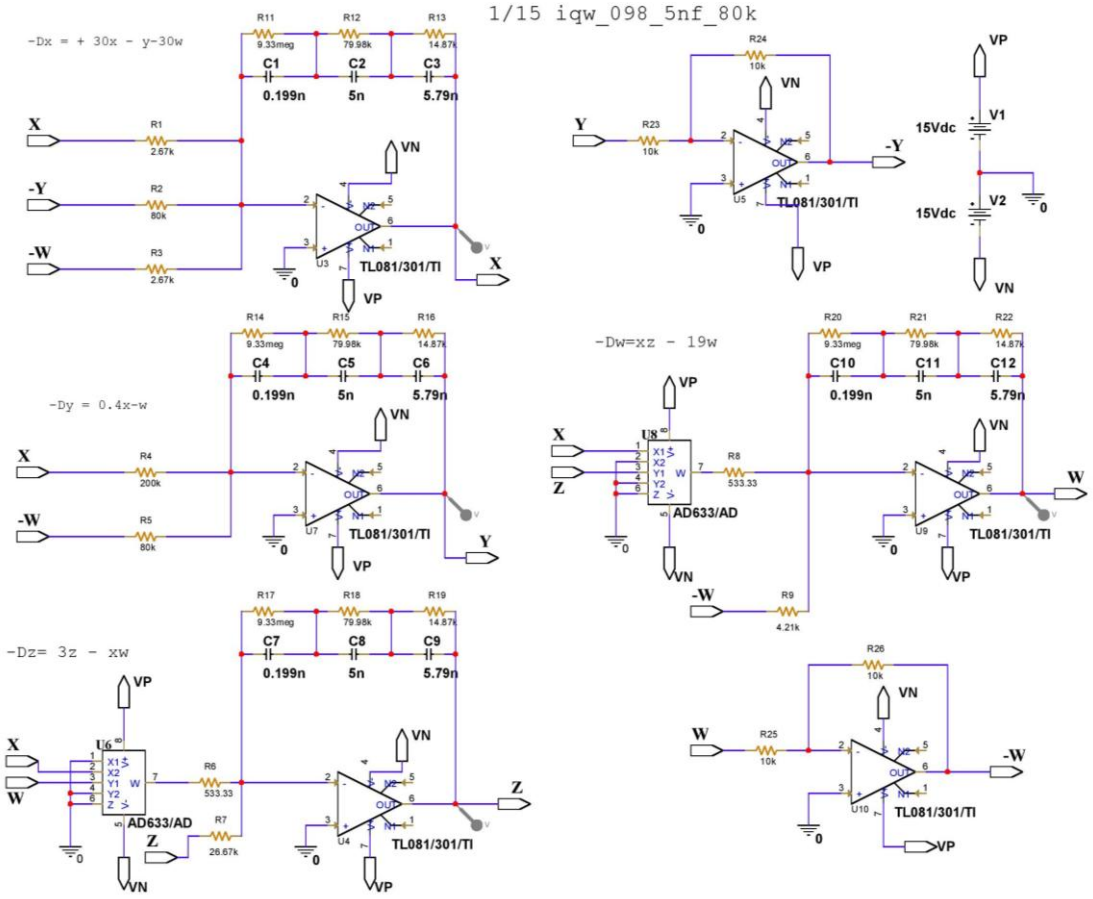
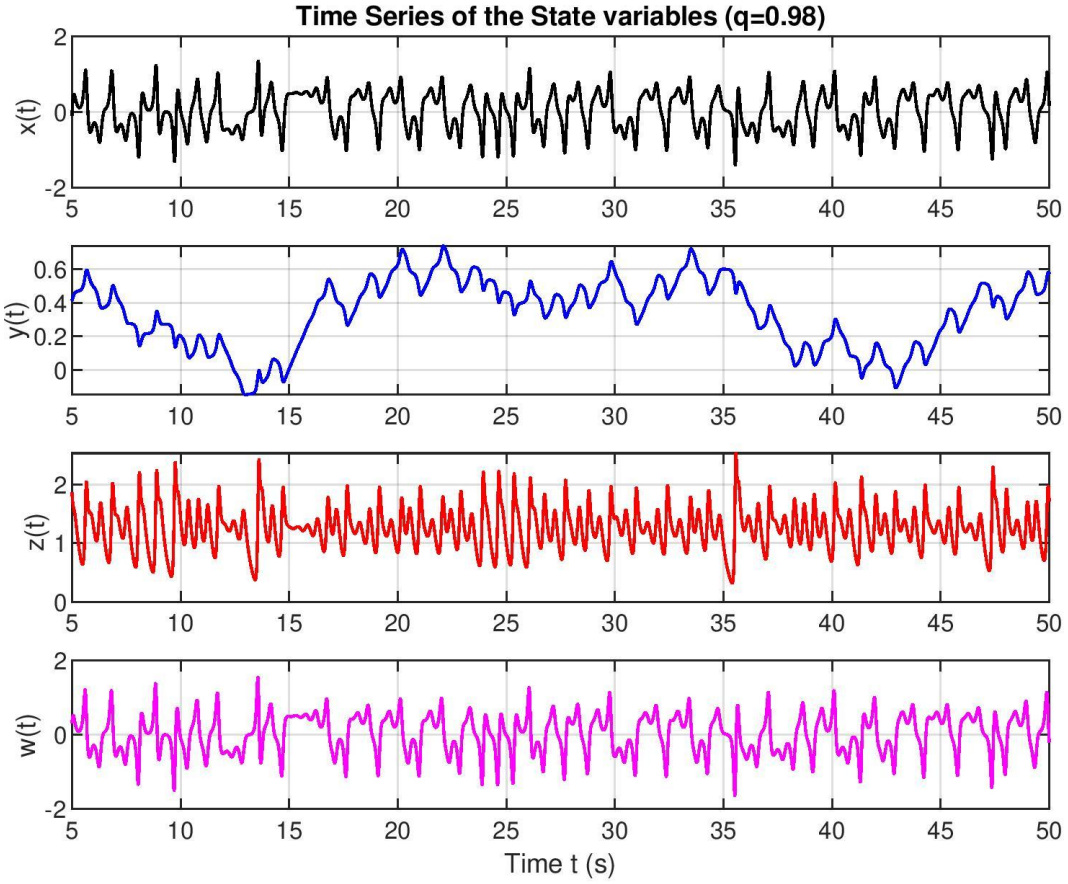



Figure 3. Circuit schematic of the q = 0.98 fractional-order Iqbal–Wang hyperchaotic system.

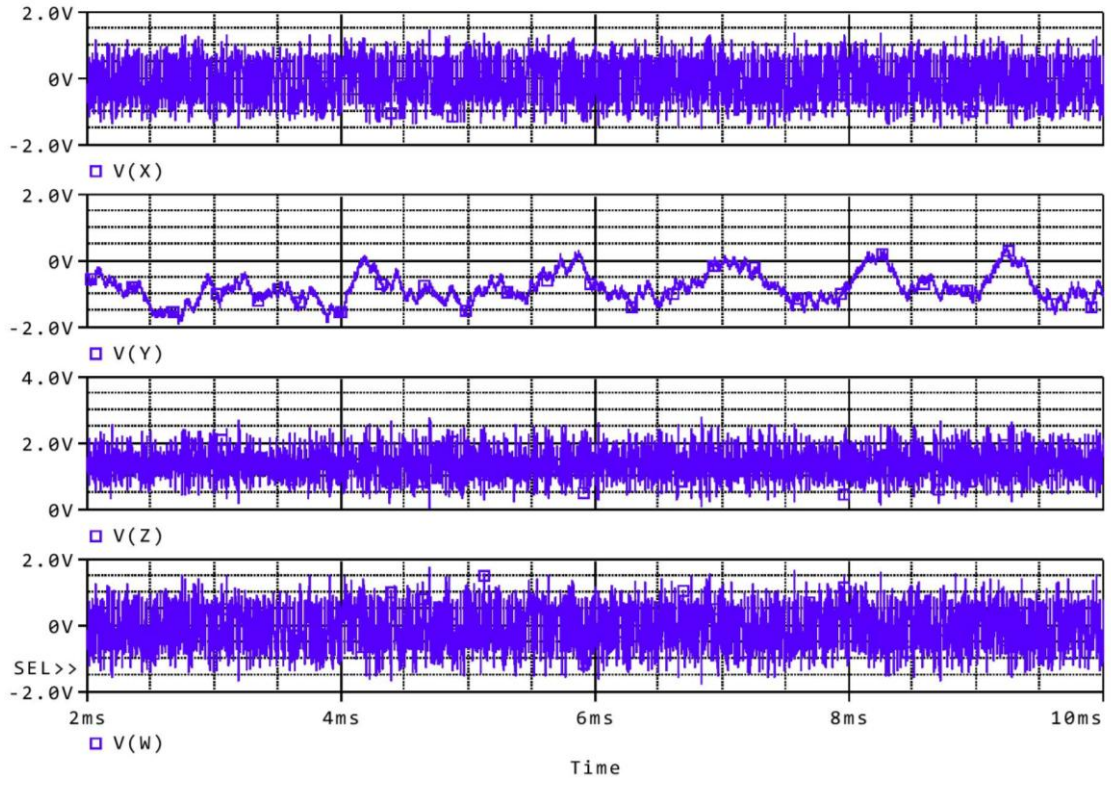
## 3. NUMERICAL AND ANALOG SIMULATION RESULTS OF THE HYPERCHAOTIC SYSTEM

In this section, the numerical analysis results of the $q$ = 0.98 fractional-order Iqbal–Wang hyperchaotic system and the simulation results of the analog circuit designed on the basis of this model are comparatively evaluated. The analog circuit was realized using the RC component values calculated in Section 2.3. The comparison is carried out in terms of the time series of the state variables and their two-dimensional phase portraits. The aim of this analysis is to physically validate the dynamical behavior predicted by the numerical model through an analog electronic circuit in which the fractional-order integrator is realized by an *RC* fractance network based on the Oustaloup approximation and designed around a center frequency of 398 Hz. The time series and phase portraits of the state variables obtained from the numerical analysis and the analog circuit simulation of the fractional-order (q = 0.98) Iqbal–Wang hyperchaotic system are presented in Figure 4.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

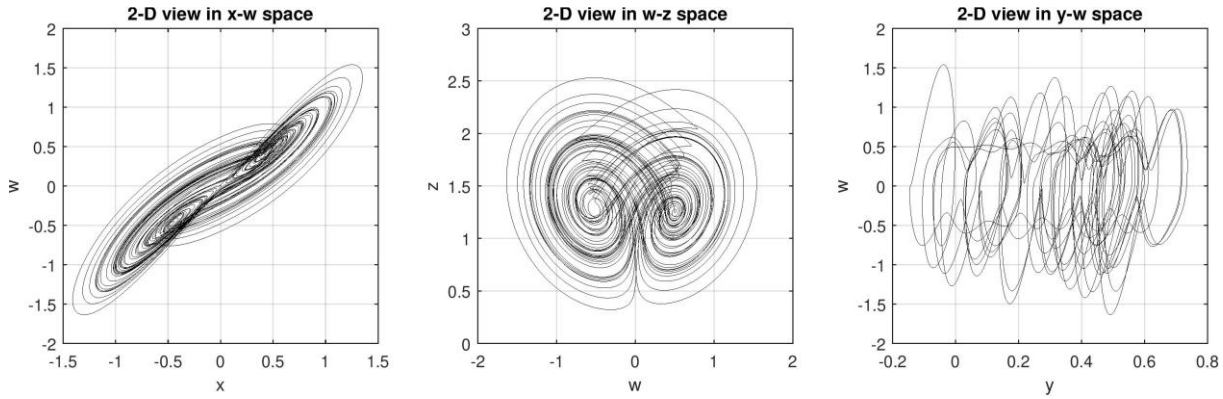



a)

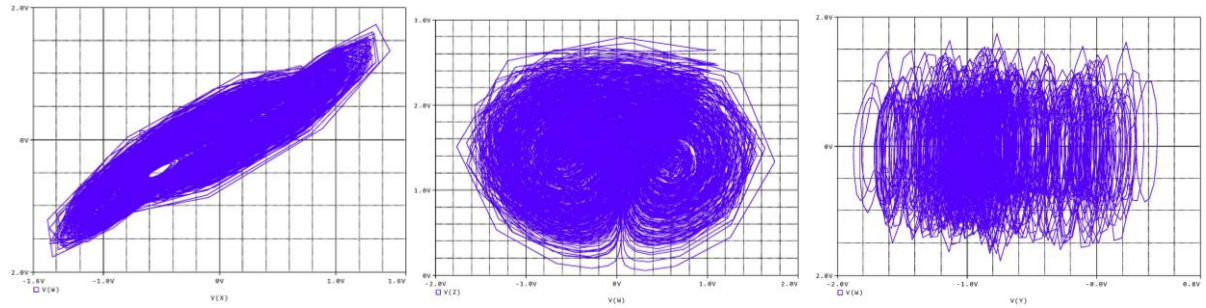



b)

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




c)



d)

Figure 4. The q = 0.98 fractional-order Iqbal–Wang hyperchaotic system: (a) time series of the state variables obtained using MATLAB, (b) time series of the state variables obtained using OrCAD-PSpice, (c) phase portraits obtained using MATLAB, and (d) phase portraits obtained using OrCAD-PSpice.

The time axes of the MATLAB and OrCAD PSpice plots differ because of the time scaling between the dimensionless mathematical model and its physical circuit realization: the time variable in MATLAB corresponds to a dimensionless (normalized) time scale, whereas the OrCAD PSpice simulation is carried out in physical time units. This difference is therefore not a discrepancy between the two platforms but a direct consequence of the applied time scaling.

Figure 4(a) presents the time series of the state variables x, y, z, and w obtained from the numerical analysis of the $q$ = 0.98 fractional-order Iqbal–Wang hyperchaotic system, and Figure 4(b) presents the time series of the corresponding voltages $V$x, $V$y, $V$z, and $V$w obtained from the analog circuit simulation of the same model. When the 1/15 amplitude scaling factor introduced in Section 2.1 is taken into account, the two sets of results show close agreement in their overall variation characteristics, amplitude ranges, and irregular temporal behavior. In both cases the system exhibits sustained, aperiodic oscillations, indicating that the analog circuit reproduces the dynamics predicted by the numerical analysis.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Figure 4(c) presents the numerically computed two-dimensional phase portraits (the x–w, w–z, and y–w planes) of the $q$ = 0.98 fractional-order Iqbal–Wang hyperchaotic system, and Figure 4(d) presents the corresponding portraits ($V$x–$V$w, $V$w–$V$z, and $V$y–$V$w) obtained from the simulation of the analog circuit designed from this model. A structural comparison shows close agreement in the geometric structure of the attractors and in the trajectory distributions, with the axis ranges differing only by the 1/15 amplitude scaling factor applied in the circuit design. In the corresponding phase planes, the attractor regions formed by the trajectories retain their general positions and characteristic shapes, which indicates that the analog circuit successfully reproduces the dynamical structure of the mathematical model in phase space.

Taken together, the time series and phase portraits show that the hyperchaotic behavior of the Iqbal–Wang system predicted by the numerical analysis was successfully reproduced by the analog circuit. This was achieved using the RC fractance network designed for the fractional order $q$ = 0.98 by means of the Oustaloup approximation, Foster Type-I synthesis, and frequency and impedance scaling.

## 4. CONCLUSION

In this study, the $q$ = 0.98 fractional-order model of the four-dimensional Iqbal–Wang hyperchaotic system was realized as an analog electronic circuit, and the numerical analysis and analog circuit simulation results were comparatively evaluated. The fractional-order integrator was realized using the Oustaloup rational approximation; the resulting rational transfer function was converted into an RC fractance network by means of a Foster Type-I realization, and frequency and impedance scaling were applied in the design.

The comparison of the time series and two-dimensional phase portraits showed close agreement between the numerical model and the analog circuit in terms of the overall variation characteristics of the state variables and the geometric structure of the attractors, with the amplitude ranges differing only by the 1/15 scaling factor applied in the circuit design. The high resistances and microfarad-level capacitances reported in the literature for $q$ = 0.98 may pose practical limitations because of component tolerances, leakage currents, and parasitic effects. The frequency and impedance scaling applied here limited the maximum resistance to 9.3274

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

MΩ and kept all capacitances in the nanofarad range, yielding an RC fractance network better suited to practical realization at the selected operating frequency.

Overall, the results show that the hyperchaotic behavior predicted by the numerical analysis was successfully reproduced at the analog circuit level using the rational model obtained through the Oustaloup approximation and the corresponding RC fractance network. The circuit design presented here can serve as a basis for future work on the physical implementation of this system and on its use in engineering applications such as secure communication, image encryption, and random number generation.

## REFERENCES

1. Lorenz, E., Deterministic nonperiodic flow, Journal of the Atmospheric Sciences, 20, 130–141, 1963. doi: 10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2.
2. Iqbal, S. and Wang, J., Analysis of a novel fractional order hyper-chaotic system: Dynamics, stability and synchronization analysis, Physics Letters A, 555, 130770, 2025.
3. Deng, Q., Wang, C., Sun, Y. and Yang, G., Discrete memristive conservative chaotic map: dynamics, hardware implementation, and application in secure communication, IEEE Transactions on Cybernetics, 2025.
4. Rössler, O., An equation for hyperchaos, Physics Letters A, 71, 2, 155–157, 1979. doi: 10.1016/0375-9601(79)90150-6.
5. Yang, Y., Wang, L., Duan, S. and Luo, L., Dynamical analysis and image encryption application of a novel memristive hyperchaotic system, Optics and Laser Technology, 133, 106553, 2021. doi: 10.1016/j.optlastec.2020.106553.
6. Chen, J.-J., Yan, D.-W., Duan, S.-K. and Wang, L.-D., Memristor-based hyper-chaotic circuit for image encryption, Chinese Physics B, 29, 11, 110504, 2020. doi: 10.1088/1674-1056/abbbfe.
7. Zhang, J., Guo, Y. Y., Xu, L., Zhu, X. and Yang, J., Hyperchaotic circuit design based on memristor and its application in image encryption, Microelectronics Engineering, 2022. doi: 10.1016/j.mee.2022.111872.
8. Petráš, I., A note on the fractional-order Chua's system, Chaos, Solitons & Fractals, 38, 1, 140–147, 2008. doi: 10.1016/j.chaos.2006.10.054.
9. Yokuş, Y. E., Koton, J., Sotner, R., Kartci, A. and Ayten, U. E., A review of the state-of-the-art in fractional-order analog filters, AEU – International Journal of Electronics and Communications, 196, 155786, 2025. doi: 10.1016/j.aeue.2025.155786.
10. Podlubny, I., *Fractional Differential Equations*, Mathematics in Science and Engineering, Academic Press/New York, 1999.
11. Barbosa, R. S., Machado, J. A. T. and Silva, M. F., Time domain design of fractional differintegrators using least-squares, Signal Processing, 86, 10, 2567–2581, 2006.

12. Akgül, A., Yaz, M. and Emin, B., Chaos-based approaches to data security: Analysis of incommensurate fractional-order Arneodo chaotic system and engineering application on a microcomputer, Integration, 102, 102355, 2025.
13. Kaya, G. and Altun, K., FPAA design of fractional chaos based communication systems, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26, 1, 191–202, 2023. doi: 10.17780/ksujes.1194619
14. Tsirimokou, G., Psychalinos, C. and Elwakil, A., *Design of CMOS Analog Integrated Fractional-Order Circuits: Applications in Medicine and Biology*, Springer/New York, 2017.
15. Elwakil, A. S., Fractional-order circuits and systems: An emerging interdisciplinary research area, IEEE Circuits and Systems Magazine, 10, 4, 40–50, 2010.
16. Petráš, I., *Fractional-Order Nonlinear Systems: Modeling, Analysis and Simulation*, Springer/Berlin, Heidelberg, 2011.
17. Oustaloup, A., Levron, F., Mathieu, B. and Nanot, F. M., Frequency-band complex noninteger differentiator: Characterization and synthesis, IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, 47, 1, 25–39, 2000.
18. Ahmad, W. M. and Sprott, J. C., Chaos in fractional-order autonomous nonlinear systems, Chaos, Solitons & Fractals, 16, 2, 339–351, 2003.
19. Charef, A., Sun, H. H., Tsao, Y. Y. and Onaral, B., Fractal system as represented by singularity function, IEEE Transactions on Automatic Control, 37, 9, 1465–1470, 1992.
20. Matsuda, K. and Fujii, H., H∞-optimized wave-absorbing control: Analytical and experimental results, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 16, 6, 1146–1153, 1993.
21. Krishna, B. T., Recent developments on the realization of fractance device, Fractional Calculus and Applied Analysis, 24, 5, 1831–1852, 2021.
22. Luthra, I. and Shukla, M. K., Realization of Fractional Order Genesio-Tesi System, IFAC-PapersOnLine, 55, 1, 298–302, 2022.
23. Hammouch, Z. and Mekkaoui, T., Circuit design and simulation for the fractional-order chaotic behavior in a new dynamical system, Complex & Intelligent Systems, 4, 4, 251–260, 2018. doi: 10.1007/s40747-018-0070-3.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# İLETİM HATLARINDA AKILLI ARIZA TESPİTİ: TOPLULUK ÖĞRENMESİ VE YAPAY SİNİR AĞLARININ KARŞILAŞTIRMALI BAŞARIM ANALİZİ

**Öğr. Gör. İlyas Güvenç PİRGE**

Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü

guvencpirge@gmail.com - 0009-0008-3978-1883

## ÖZET

Elektrik iletim hatlarında meydana gelen arızaların hızlı ve yüksek doğrulukla tespit edilmesi, güç sistemlerinin kararlılığı, sürekliliği ve güvenilir işletilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Geleneksel koruma rölesi yaklaşımları, değişken şebeke dinamikleri durumlarında gecikmelere veya hatalı açmalara yol açabilmektedir. Bu çalışmada, üç fazlı bir iletim hattına ait anlık gerilim ve akım parametreleri kullanılarak arıza durumlarının otomatik tespiti için kapsamlı makine öğrenmesi karşılaştırma çerçevesi geliştirilmiştir. Veri sızıntısını engellemek amacıyla özellik ölçeklendirme ve model eğitim adımları boru hattı mimarisiyle entegre edilmiş, modeller 5 Katlı Çapraz Doğrulama ile değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında klasik sınıflandırıcılar (Karar Ağacı, Naive Bayes), topluluk öğrenmesi algoritmaları (Rastgele Orman, XGBoost, LightGBM) ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (YSA/MLP) karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Modellerin sınıflandırma performansları, doğruluk ve F1-skoru metrikleri üzerinden incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar; Rastgele Orman, XGBoost, LightGBM ve YSA modellerinin %99'un üzerinde F1-skoru sergilediğini, arıza anındaki ani akım/gerilim dalgalanmalarını yüksek genelleme kabiliyetiyle ayırt edebildiğini göstermiştir. Çalışma, önerilen yapay zeka modellerinin gerçek zamanlı dijital koruma rölelerine entregrasyonu için güçlü ve güvenilir bir altyapı sunduğunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İletim Hattı Koruması, Arıza Tespiti, Makine Öğrenmesi, Yapay Sinir Ağları, XGBoost, Topluluk Öğrenmesi, Performans Metrikleri

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# INTELLIGENT FAULT DETECTION IN TRANSMISSION LINES: A COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF ENSEMBLE LEARNING AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

**Lecturer İlyas Güvenç PİRGE**
Balıkesir University, Balıkesir Vocational School, Department of Electronics and Automation
guvencpirge@gmail.com – 0009-0008-3978-1883

## ABSTRACT

The rapid and highly accurate detection of faults in power transmission lines is of critical importance for the stability, continuity and reliable operation of power systems. Traditional protection relay approaches can lead to delays or false trips under varying grid dynamics. In this study, a comprehensive machine learning comparison framework for the automatic detection of fault conditions was developed using instantaneous voltage and current parameters from a three-phase transmission line. To prevent data leakage, feature scaling and model training steps were integrated into a pipeline architecture and the models were evaluated via Stratified 5-Fold Cross-Validation. As part of this study, classical classifiers (Decision Tree, Naive Bayes), ensemble learning algorithms (Random Forest, XGBoost, LightGBM) and Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks (ANN/MLP) were analyzed comparatively. The models' classification performance was evaluated using accuracy and F1-score metrics. The experimental results showed that the Random Forest, XGBoost, LightGBM and ANN models achieved an F1-score of over 99% and were able to distinguish sudden current/voltage fluctuations at the moment of failure with high generalization ability. The study demonstrates that the proposed AI models provide a robust and reliable infrastructure for integration into real-time digital protection relays.

**Keywords:** Transmission Line Protection, Fault Detection, Machine Learning, Artificial Neural Networks, XGBoost, Ensemble Learning, Performance Metrics

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 1. GİRİŞ

Elektrik iletim hatları, üretilen elektrik enerjisinin uzak mesafelere taşınmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ancak bu hatlar, operasyonları kesintiye uğratabilecek ve önemli ekonomik kayıplara yol açabilecek arızalara karşı oldukça hassastır [1]. Güç sistemlerindeki enerji kesintilerinin %70'inden fazlası dağıtım ve iletim şebekelerinde yaşanan çeşitli arızalardan kaynaklanmaktadır [2]. İletim hatlarında meydana gelen arızalar genellikle yıldırım düşmesi, fırtına ve şiddetli rüzgar gibi çevresel koşulların yanı sıra ekipmanların eskimesi, yalıtım hataları veya dış mekanik darbeler nedeniyle ortaya çıkmaktadır [3]. Bu arızalar, genellikle seri (açık iletken) ve şönt (kısa devre) arızalar olarak iki ana kategoride değerlendirilmektedir. Şönt arızalar kendi içinde tek hat-toprak (L-G), hat-hat (L-L) ve çift hat-toprak (LL-G) gibi asimetrik arızalar ile üç faz kısa devre (L-L-L) ve üç faz-toprak (L-L-L-G) gibi simetrik arızalar olarak sınıflandırılmaktadır [4]. Kısa devre ve iletim hatlarını etkileyen diğer anormallikler, geniş çaplı elektrik kesintilerine, ekipman hasarı ve en kötüsü de yangınlara neden olabilmektedir [5].

Geleneksel arıza tespit yaklaşımları, elektromekanik röleler ve eşik değerine dayalı mekanizmalar gibi donanım tabanlı çözümlere büyük ölçüde dayanmakta olup bu çözümler basit olmalarına rağmen günümüzün dinamik şebekelerinin doğruluk ve hız gereksinimlerini karşılayamamaktadır [3]. Ayrıca, geleneksel arıza tespit ve durum izleme yöntemlerinin düşük duyarlılığa sahip olması ve karmaşık şebekelerde yavaş çalışması sistem kararlılığını riske atmaktadır. Merkezi olmayan enerji şebekeleri ve yenilenebilir enerji entegrasyonunun getirdiği yeni gereksinimler karşısında, geleneksel reaktif ve önleyici bakım metotları kesintisiz güç sürekliliğini temin etmekte yetersiz kalmaktadır [6]. Reaktif bakım, onarım maliyetlerine ve duruş sürelerine yol açarken önleyici bakım ise ekipmanın kalan faydalı ömrünü göz ardı ederek gereksiz müdahalelere ve operasyonel maliyet artışlarına neden olmaktadır. Bu sınırlamalar, güç iletim sistemlerinin güvenilirliğini ve kararlılığını sürdürmek amacıyla gerçek zamanlı izleme, erken arıza tespiti ve kestirimci bakım sağlayan yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi tabanlı dinamik uygulamalara geçişi hızlandırmıştır. YZ modelleri, gerçek zamanlı anormallikleri tespit ederek kritik olaylara hızlı müdahale edilmesini ve operasyonel risklerin azaltılmasını sağlar [7]. Bu modeller, hassas ayarlara sahip optimizasyon tekniklerini de bünyesinde bulundurarak hem eğitim sürecini hem de sistemin genel performansını artırmaktadır.

Yapay zeka ve makine öğrenme yöntemlerinin gelişmesi, elektrik iletim hatlarına ait bazı parametrelerin analiz edilerek arızaların tespiti ve sınıflandırılması ile ilgili çalışmaların yapılmasına ortam hazırlamıştır. Literatürde bu amaca uygun birçok çalışma bulunmaktadır.

Bin Akter vd., iletim hattı arıza durumlarını sınıflandırmak amacıyla, üretilen sentetik verilerle çeşitli makine öğrenme modellerini eğitmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Karar Ağacı (DT), Rastgele Orman (RF) ve K-En Yakın Komşu (KNN) gibi modellerin arıza sınıflandırmasında diğer modellerden daha iyi performans gösterdiğini ortaya çıkarmıştır [8]. Rafique vd., elektrik güç iletim ağlarındaki arıza tespiti ve sınıflandırma işlemi için doğrudan operasyonel veriler üzerinde çalışan Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) birimlerini kullanan uçtan uca bir model geliştirmiştir [9]. Wadi ve Elmasry, elektrik güç sistemlerinde arıza tespiti için Destek Vektör

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Makinesi (SVM) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) tabanlı bir model geliştirmiştir ve bu modelin arıza tespit problemindeki etkinliğini doğrulamak için ROC eğrisi analizini kullanmıştır [10]. Smadi vd., faal bir enerji santralinin gerilim ve akım verilerini analiz etmek için Yapay Sinir Ağı (YSA) tekniğini kullanmıştır. Enerji santralindeki arızaları teşhis etmek için YSA modelini genetik algoritma (GA) ile optimize ederek başarı oranını artırmıştır [11]. Ji vd., elektrik iletim hatlarındaki çok küçük kusur ve anomali durumları için YOLOv12 gerçek zamanlı bir tespit modeli geliştirmiştir [12]. Resmi vd., sayısal rölelerde uygulanabilecek YSA kullanarak iletim hatlarındaki asimetrik arızaları tespit etmek ve arızayı sınıflandırmak için verimli bir algoritma geliştirmiştir [13].

Kaggle platformunda yer alan Elektrik Arıza Tespiti ve Sınıflandırma veri seti; Karar Ağacı (DT), Naive Bayes (NB), Rastgele Orman (RF), XGBoost, LightGBM ve bir yapay sinir ağı modeli olan Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) yöntemleri ile bu çalışmada analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda algoritmaların arıza sınıflandırma skorları, performans metrikleri ile karşılaştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Veri Seti

Bu çalışmada elektrik iletim şebekelerinde arıza tespitinin geliştirilmesi açısından kritik bir öneme sahip olan Kaggle'daki Elektrik Arıza Tespiti ve Sınıflandırması veri kümesi kullanılmıştır. Bu veri seti, çeşitli makine öğrenmesi yöntemleriyle Python dili aracılığıyla Jupyter Notebook ara yüz programında analiz edilmiştir.

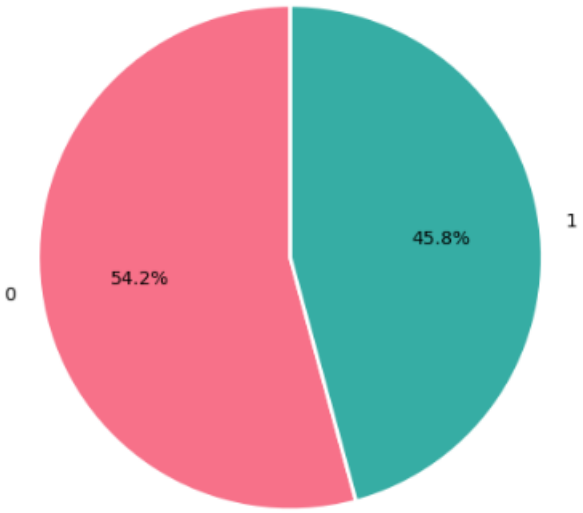
Veri setinde 12.001 adet örnek yer almaktadır. Her bir örnek için 6 öznitelik ve bir adet durum sınıfı (binary) bulunmaktadır. Veri seti üç fazlı iletim hattındaki her bir faza ait akım ve gerilim değerlerini içermektedir. Özniteliklere ait istatistiksel bilgiler Çizelge 1'de yer almaktadır.

**Çizelge 1. Özniteliklerin İstatistiksel Bilgileri**

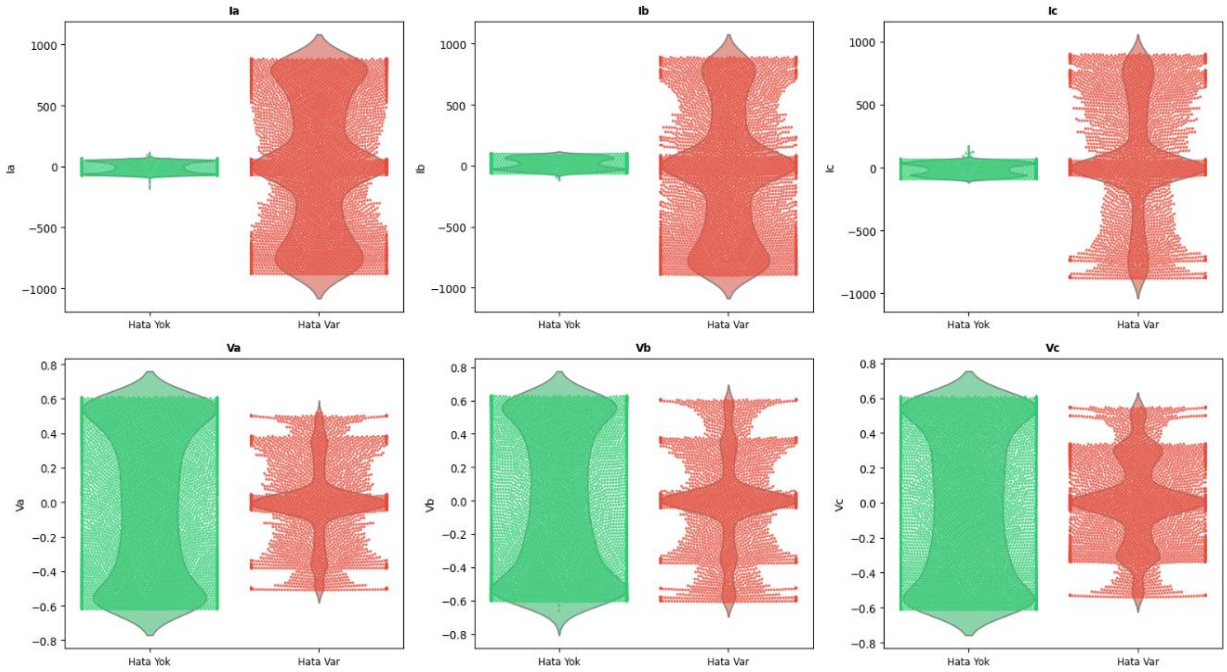
| | Ia | Ib | Ic | Va | Vb | Vc |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mean | 6.71 | -26.56 | 22.35 | 0.01 | -0.02 | 0.00 |
| std | 377.16 | 357.46 | 302.05 | 0.35 | 0.36 | 0.35 |
| min | -883.54 | -900.53 | -883.36 | -0.62 | -0.66 | -0.61 |
| %25 | -64.35 | -51.42 | -54.56 | -0.24 | -0.31 | -0.28 |
| %50 | -3.24 | 4.71 | -0.40 | 0.00 | -0.01 | 0.01 |
| %75 | 53.82 | 69.64 | 45.27 | 0.29 | 0.25 | 0.29 |
| max | 885.74 | 889.87 | 901.27 | 0.61 | 0.63 | 0.61 |

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Veri setindeki "Output" isimli arıza yok (0) ve arıza var (1) ikili kategori sınıfı, hedef değişkendir. Bu kategorinin dağılımı Görsel 1'de yer almaktadır. Veri kümesinin %54,2'si arıza/hata yok sınıfını, %45,8'i ise arıza/hata var sınıfını oluşturmaktadır.




**Görsel 1. Hata Yok (0) ve Hata Var (1) Durumlarının Dağılımı**




**Görsel 2. Özniteliklerin Hedef Sınıflara Göre Dağılımı**

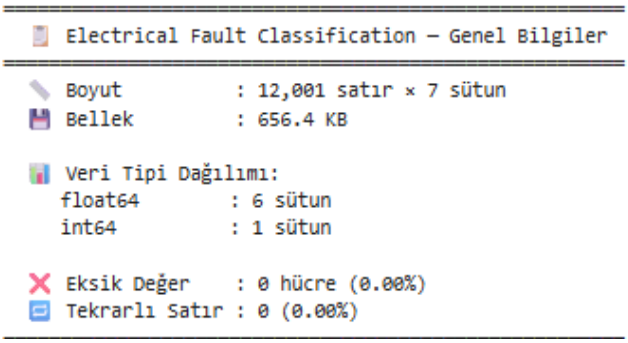
Görsel 2'deki grafikler incelendiğinde, akım değerlerinin (Ia, Ib, Ic) hata yok durumunda çok dar ve sıfıra yakın düzeyde toplandığı görülmektedir. Bu durum; sistemin dengeli çalıştığını, akımların düşük ve stabil olduğunu göstermektedir. Hata var durumlarında ise akım değerlerinin dağılımı çarpıcı düzeyde genişleyerek ±1000'e kadar çıktığı

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

görülmektedir. Bu, kısa devre ya da herhangi bir arıza durumunda akım genliklerinin aniden ve büyük ölçüde arttığı şeklinde yorumlanabilir. Gerilim değerleri (Va, Vb, Vc) ise hata yok durumunda geniş bir aralığa yayılmakta ve normal bir sinüzoidal gerilim salınımının bir örneklemi olarak görülmektedir. Hata var durumunda ise gerilim değerleri, sıfır düzeyinde yoğun bir şekilde birikmiştir. Bu durum, arıza sırasında gerilimin çöktüğünü veya kısa devre anında gerilimin düştüğünü ve akımın yükseldiğini göstermektedir.

2.2. Veri Ön İşleme

Veri kümesi, makine öğrenme yöntemleri ile analiz edilmeden önce eksik ya da anlamsız veri olma ihtimaline karşı kontrol edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Görsel 3'te görüleceği üzere 12.001 satır ve 7 sütundan oluşan veri setinde eksik ya da tekrarlı bir örneklem olmadığı tespit edilmiştir.




**Görsel 3. Veri Setine Ait Genel Bilgiler**

Veri kümesinde hem küçük hem de büyük değerler bir arada yer almaktadır. Büyük sayısal verilerin algoritmalar karşısındaki baskınlığını ve manipülatif etkisini engellemek için tüm veriler standart ölçeklendirme işlemine maruz bırakılmıştır. Bu kontrol sürecinden sonra, veri kümesinin makine öğrenme algoritmaları ile analiz aşamasına geçilmiştir. Veri setinin %80'i eğitim, %20'si ise test sürecine ayrılmıştır. Modellerin aşırı öğrenme (overfitting) ve veri sızıntısı riskini önlemek için eğitim aşamasında 5 katlı çapraz doğrulama tekniği kullanılmıştır. Tüm bu ön işleme süreçleri, bir mimari yapı (pipeline) içine yerleştirilerek çalışmada kullanılan tüm makine öğrenme yöntemlerine uygulanmıştır.

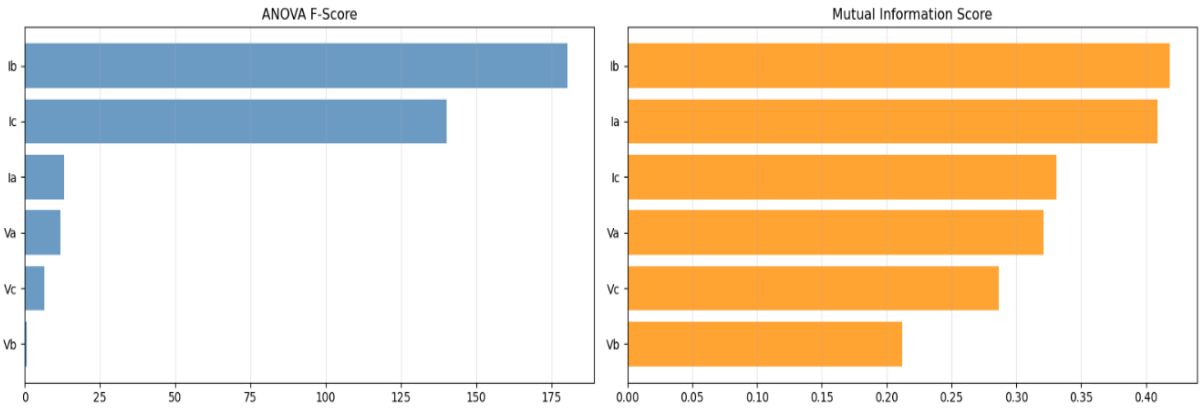
2.3. Araç ve Yöntemler

Veri setinde yer alan özniteliklerin önem skorlarını ölçmek için ANOVA (Analysis of Variance) ve Mutual Information (MI-Karşılıklı Bilgi) yöntemleri kullanılmıştır.

MI yöntemi, karmaşık veri kümelerindeki hem doğrusal hem de doğrusal olmayan ilişkileri yakalayan ve uyarlanabilir entropi odaklı ağırlıklandırma yoluyla özniteliklerin bilgi skorlarını hesaplayan bir istatistiksel bir araçtır [14]. Varyans analizi (ANOVA), iki farklı grup ortalamaları arasında fark olup olmadığını varyans kullanarak araştıran istatistiksel bir yaklaşımdır [15].

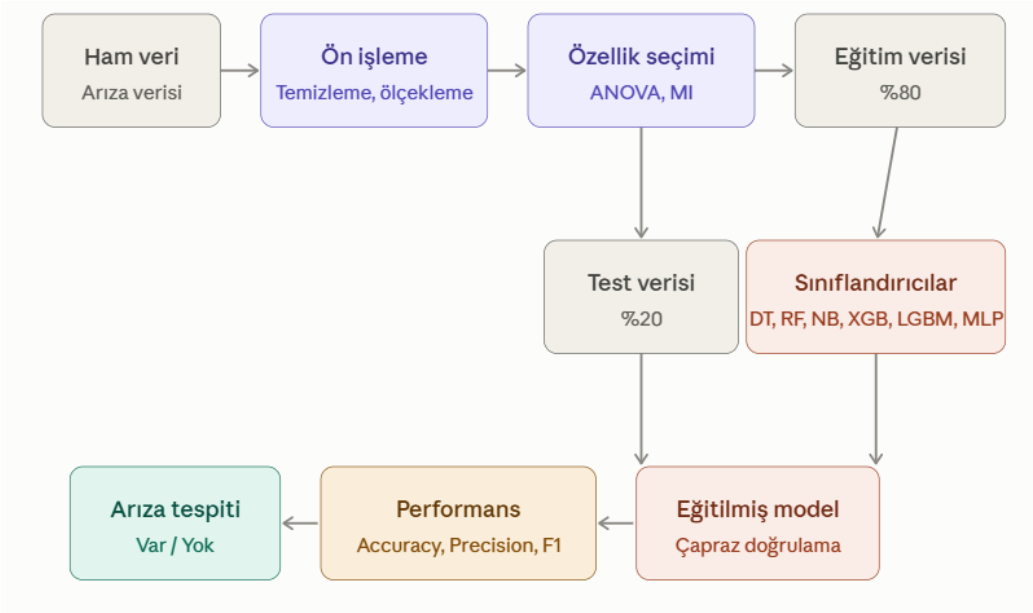
Veri setine bu iki yöntem uygulanmıştır. Görsel 4'te görüleceği üzere hem ANOVA hem de MI yaklaşımları, akım değerlerinin gerilim değerlerine göre daha yüksek etkiye sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum, akım parametrelerinin arıza tahmininde daha etkili olduğu göstermektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 4. Özniteliklerin Etki Skorları**

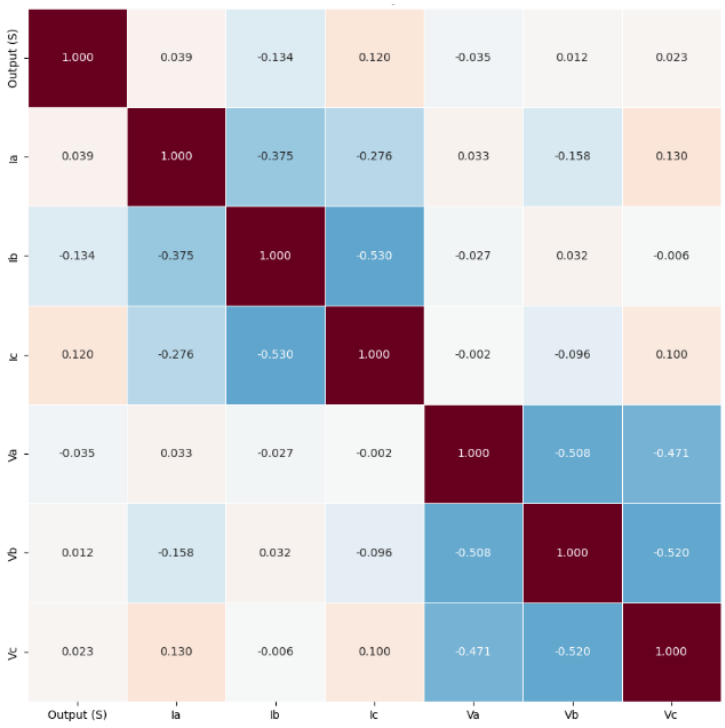
Bu çalışmada Karar Ağacı (DT), Naive Bayes (NB), Rastgele Orman (RF), XGBoost, LightGBM ve Çok Katmanlı Algılayıcı yapay sinir ağır (MLP) algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmanın akış diyagramı Görsel 5'te yer almaktadır.




**Görsel 5. Çalışmanın Akış Diyagramı**

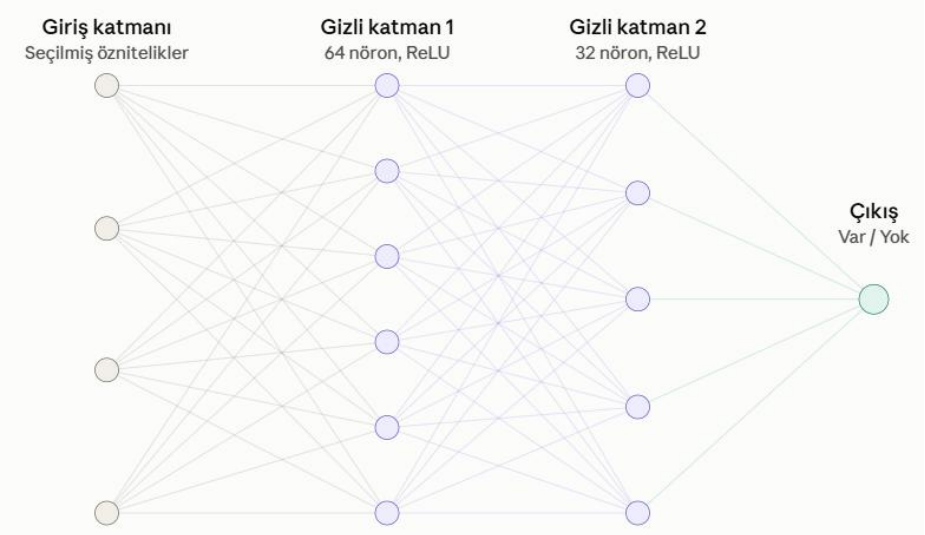
Özniteliklerin hem hedef değişken (Output) ile hem de kendi aralarındaki ilişki katsayılarını gösteren korelasyon matrisi Görsel 6'da yer almaktadır. Köşegende yer alan elemanlar, her zaman 1 korelasyonunu gösteren öz korelasyonu temsil eder. 1 değeri, güçlü bir pozitif ilişkiyi, -1 güçlü bir negatif korelasyonu ve 0 ise korelasyon olmadığını gösterir [1]. Matris incelendiğinde, hedef değişken ile pozitif yönde en büyük etkiye sahip parametrenin c fazına ait akım değeri (Ic) olduğu görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 6. Karışıklık Matrisi**

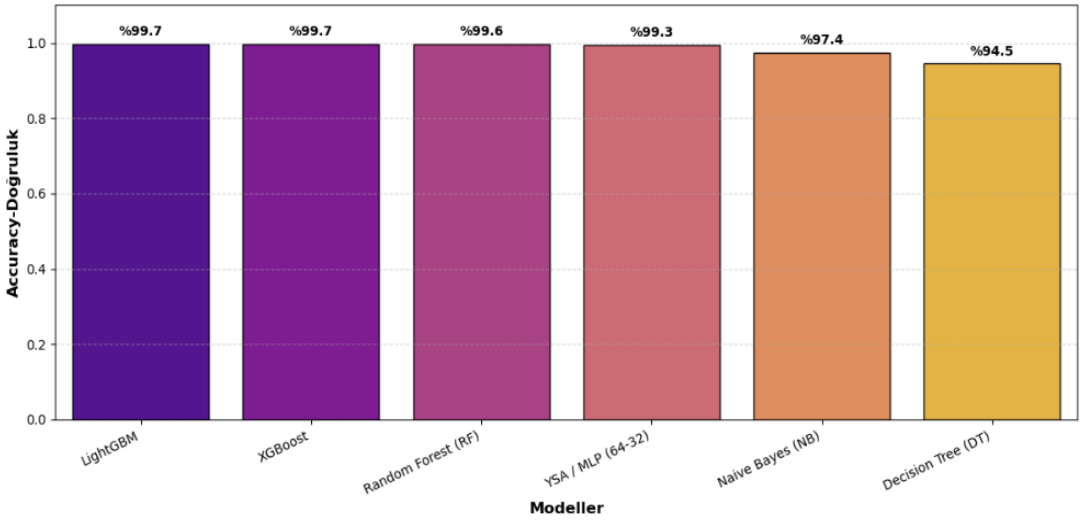
Çalışmada klasik ve toplu öğrenme yöntemlerinin yanı sıra bir yapay sinir ağı modeli olan Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) yöntemi de kullanılmıştır. 64 ve 32 nörondan oluşan iki gizli katmana sahip bu modelde aşırı öğrenmeyi (overfitting) önlemek için erken durdurma (early stopping) uygulanmış, aktivasyon fonksiyonu olarak "ReLu" ve maksimum iterasyon parametresi 200 seçilmiştir. Görsel 7'de kullanılan yapay sinir ağının mimari yapısının temsili görüntüsü yer almaktadır.




**Görsel 7. MLP Yapay Sinir Ağı Mimarisi**

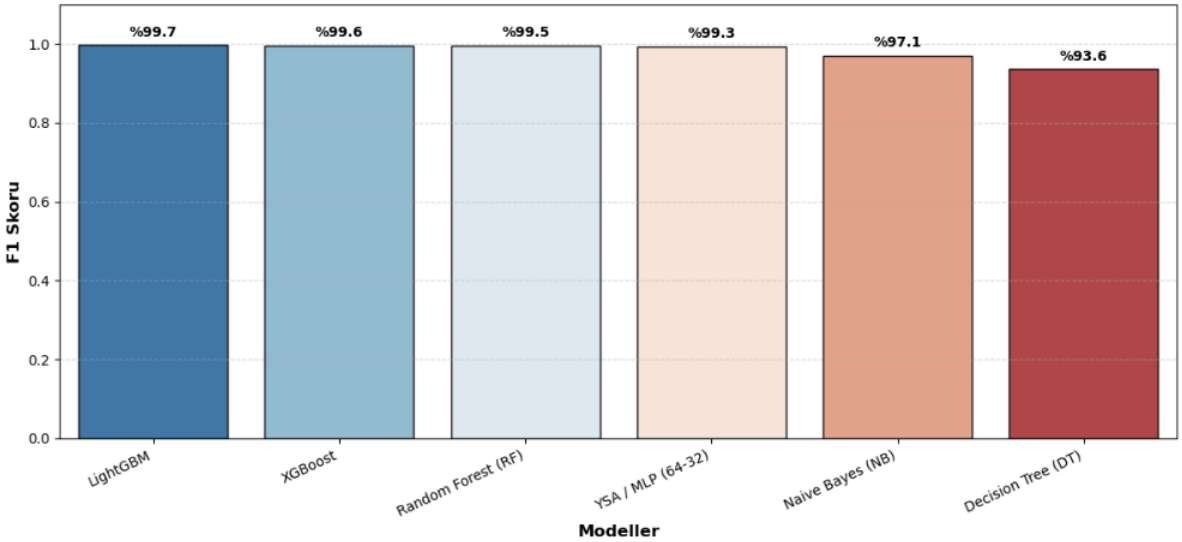
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin arıza sınıflandırma performansları öncelikle doğruluk (accuracy) metriklerine göre karşılaştırılmıştır. Görsel 8'deki metrikler incelendiğinde LightGBM, XGBoost, RF ve MLP algoritmalarının %99'un üzerinde doğruluk performansına ulaştığı görülmektedir. Bu modeller arasında LightGBM ve XGBoost, bir adım daha ön plandadır.




**Görsel 8. Modellerin Doğruluk Performansları**

Bir sonraki adımda, modeller F1-skorlarına göre karşılaştırılmıştır. Görsel 9'da yer alan skorlar incelendiğinde LightGBM modelinin diğer yöntemlerden daha yüksek skor elde ettiği görülmektedir.




**Görsel 9. Modellerin F1-Skor Performansları**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, elektrik iletim hatlarındaki arıza durumlarının (arıza var/yok) anlık akım (Ia, Ib, Ic) ve gerilim (Va, Vb, Vc) parametreleri üzerinden yüksek doğrulukla ve anında tespit edilmesi amacıyla makine öğrenmesi ve yapay zeka yaklaşımlarını içeren kapsamlı bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Klasik Sınıflandırıcılar (Karar Ağacı, Naive Bayes), Topluluk Öğrenmesi Algoritmaları (Rastgele Orman, XGBoost, LightGBM) ve Çift Katmanlı Yapay Sinir Ağı (MLP) modellerinin arıza tespit performansları, veri sızıntısını kesin olarak engelleyen boru hattı (pipeline) mimarisi ve 5 katlı çapraz doğrulama stratejisi çerçevesinde karşılaştırılmıştır.

Elde edilen deneysel bulgular, topluluk öğrenmesi yöntemlerinin ve Yapay Sinir Ağı modelinin arıza tespitinde üstün bir başarım sergilediğini ortaya koymuştur. Değerlendirilen modeller arasında LightGBM %99,71 test doğruluğu ve %99,68 F1-skor ile en yüksek genel başarıyı elde ederken, bunu sırasıyla %99,67 test doğruluğu ile XGBoost, %99,58 test doğruluğu ile Rastgele Orman (RF) ve %99,33 test doğruluğu ile 64 ve 32 nörondan oluşan MLP Yapay Sinir Ağı modeli takip etmiştir. Klasik yöntemlerden Naive Bayes (NB) %97,42 test doğruluğu elde etmiş, Karar Ağacı (DT) ise %94,46 test doğruluğu ile en düşük performansı gösteren algoritma olmuştur. Çapraz doğrulama eğitim skorları ile test skorları arasındaki farkın yok denecek kadar az olması (%0,1 - %0,3 bandında), modellerin ezberleme (overfitting) yapmaksızın başarılı bir genelleme yeteneğine ulaştığını kanıtlamaktadır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen ANOVA ve Mutual Information (MI) öznitelik önem analizleri, iletim hattı arızalarının tespitinde akım parametrelerinin (Ia, Ib, Ic), gerilim parametrelerine (Va, Vb, Vc) kıyasla belirgin derecede daha yüksek bilgi içeriğine ve etki skoruna sahip olduğunu kanıtlamıştır. Özellikle c fazı akımının (Ic) hedef değişken ile en güçlü pozitif korelasyonu sunması, iletim hatlarında meydana gelen ani aşırı akım yüklenmelerinin arıza teşhisindeki kritik rolünü fiziksel ve istatistiksel açıdan doğrulamaktadır. Elektrik güç sistemlerinde arızaların milisaniyeler düzeyinde tespiti; enerji sürekliliği, şebeke kararlılığı ve yüksek maliyetli iletim ekipmanlarının korunması açısından hayati önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, geliştirilen LightGBM ve XGBoost gibi yüksek doğruluğa ve düşük hesaplama karmaşıklığına sahip modeller, akıllı şebekelerde yer alan dijital koruma rölelerine ve kestirimci bakım altyapılarına doğrudan entegre edilebilir niteliktedir.

Gelecek çalışmalarda, ikili sınıflandırma (arıza var/yok) yaklaşımının ötesine geçilerek tek hat-toprak, hat-hat ve üç faz kısa devre gibi farklı arıza türlerinin tespiti ile arıza konumunun kilometre bazlı tespiti üzerine çok sınıflı ve regresyon odaklı derin öğrenme (LSTM, CNN-Transformer) modellerinin geliştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca, eğitilen algoritmaların gerçek zamanlı donanım simülasyonları (HIL - Hardware in the Loop) ile donanım seviyesinde test edilerek tepki sürelerinin saha şartlarında doğrulanması hedeflenmektedir.

## KAYNAKÇA

**1.** Anwar, T., Mu, Ç., Yousaf, M. Z., Khan, W., Khalid, S., Hourani, A. O., Zaitsev, I. Robust Fault Detection and Classification in Power Transmission Lines via Ensemble Machine Learning Models, Scientific Reports, 15(1), 2549, 2025. https://doi.org/10.1038/s41598-025-86554-2

**2.** Ngo, Q. H., Nguyen, B. L., Zhang, J., Schoder, K., Ginn, H., Vu, T. Deep Graph Neural Network for Fault Detection and Identification in Distribution Systems, Electric Power Systems Research, 247, 111721, 2025. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2025.111721

**3.** Khandelwal, D., Anand, P., Ray, M., R.G., S. Fault Detection in Electrical Power Systems Using Attention-GRU-based Fault Classifier (AGFC-Net), Scientific Reports, 15(1), 24133, 2025. https://doi.org/10.1038/s41598-025-06493-w

**4.** Özüpak, Y. Machine Learning-based Fault Detection in Transmission Lines: A Comparative Study with Random Search Optimization, Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences, 73(2), e153229, 2025. Doi:10.24425/bpasts.2025.153229

**5.** Deepika, D., Charan, M. M., Nossam, S. C., Manitha, P. V., *Advanced Machine Learning Models for Electrical Fault Detection and Classification in Transmission Lines*, 3rd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things, 1338-1341, 2025.

**6.** Rana, S. AI-driven Fault Detection and Predictive Maintenance in Electrical Power Systems: A Systematic Review of Data-driven Approaches, Digital Twins and Self-healing Grids, American Journal of Advanced Technology and Engineering Solutions, 1(1), 258-289, 2025. https://doi.org/10.63125/4p25x993

**7.** Cai, Z., Wang, Y., Zhang, D., Wen, L., Liu, H., Xiong, Z., Wajid, K., Feng, R. Digital Twin Modeling for Hydropower System Based on Radio Frequency Identification Data Collection, Electronics, 13(13), 2576, 2024. https://doi.org/10.3390/electronics13132576

**8.** Bin Akter, S., Sarkar Pias, T., Rahman Deeba, S., Hossain, J., Abdur Rahman, H. Ensemble Learning Based Transmission Line Fault Classification Using Phasor Measurement Unit (PMU) Data with Explainable AI (XAI), Plos One, 19(2), e0295144, 2024. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295144

**9.** Rafique, F., Fu, L., Mai, R. End to End Machine Learning for Fault Detection and Classification in Power Transmission Lines, Electric Power Systems Research, 199, 107430, 2021. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107430

**10.** Wadi, M., Elmasry, W., *An Anomaly-based Technique for Fault Detection in Power System Networks*, International Conference on Electric Power Engineering-Palestine, 1-6, 2021.

**11.** Al Smadi, T., Gaeid, K. S., Mahmood, A. T., Hussein, R. J., Al-Husban, Y. State Space Modeling and Control of Power Plant Electrical Faults with Neural Networks for Diagnosis, Results in Engineering, 25, 104582, 2025. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104582

**12.** Ji, Y., Ma, T., Shen, H., Feng, H., Zhang, Z., Li, D., He, Y. Transmission Line Defect Detection Algorithm Based on Improved YOLOv12, Electronics, 14(12), 2432, 2025. https://doi.org/10.3390/ electronics14122432

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

**13.** Resmi, R., Vanitha, V., Aravind, E., Sundaram, B. R., Aswin, C. R., Harithaa, S., *Detection, Classification and Zone Location of Fault in Transmission Line using Artificial Neural Network*, IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies, 1-5, 2019.

**14.** Wang, Y., Xie, Y., Zhou, S., Jiang, B., Che, H. Structural Feature Selection via Weighted Sparse Regression with Mutual Information, Journal of Big Data, 13(12), 2026. https://doi.org/10.1186/s40537-025-01344-x

**15.** Çetin, M. B., Özkan, B., Özdemir, Y., Yıldırım, M. *İlaç Üretim Sürecinde Fire Oranlarının İzlenmesi: İstatistiksel Süreç Analizi*, Journal of Statistics and Applied Sciences, 11, 50-58, 2025. https://doi.org/10.52693/jsas.1681851

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PID CONTROLLER AND DEGRADATION-AWARE MPC CONTROLLER IN PEM FUEL CELL SYSTEMS

**Arş. Gör. Gökçe Nur YILDIRIM**
Başkent University, Department of Mechanical Engineering, Ankara, Turkey
gokcenur1320@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-6977-2039

## Abstract

Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs) play a critical role in cyber-physical energy systems and smart buildings. Simultaneous optimization of operational efficiency and long-term stack durability under dynamic load demands requires advanced control strategies. This study presents a comparative analysis between a traditional Proportional-Integral-Derivative (PID) controller and a Degradation-Aware Model Predictive Controller (Da-MPC) under a three-phase dynamic current profile (50A -> 70A -> 60A) simulated over 300 s. The proposed Da-MPC introduces a Health Index (HI) based reference adaptation law, in which the current setpoint is proportionally attenuated as the catalyst exchange current $i_0$ degrades, thereby embedding durability directly into the closed-loop objective. The controllers are evaluated in terms of transient tracking error (RMSE), settling times, hydrogen consumption, net electrochemical efficiency, and stack degradation states. Results show that the PID controller delivers superior transient tracking with a total RMSE of 2.387 A and settling times of 10.70 s and 6.70 s, but its unconstrained pursuit of the full reference sustains high current density throughout the load cycle and drives a 44.3% reduction in exchange current (i0 to 0.0557 A). Conversely, Da-MPC deliberately accepts a steady-state tracking offset (total RMSE 7.292 A, settling time>100 s) in exchange for durability and economy: hydrogen consumption is reduced by 9.76 %, net efficiency is improved by 5.29 % to 242.30 W·s/$H_2$, and catalyst degradation is limited to 38.0 % (i0 to 0.0620 A), a 14.2 % relative reduction in catalyst loss. Membrane resistance evolved identically for both controllers ($R_m$=0.00302 Ω), which is consistent with the temperature-driven, current-independent membrane degradation law adopted here.

**Keywords:** Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), Degradation-Aware Model Predictive Control (Da-MPC), PID Control, Catalyst Degradation, Health Index, Fuel Efficiency.

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# KÜRESEL ENERJİ SANTRALLERİNDE KURULU GÜÇ VE ÜRETİM İLİŞKİSİNİN ANALİZİ

**Dr. Öğretim Üyesi, Feyyaz ALPSALAZ**
Amasya Üniversitesi,
feyyaz.alspalaz@amasya.edu.tr - 0000-0002-7695-6426

**Dr. Öğretim Üyesi, :Hasan UZEL**
Amasya Üniversitesi,
hasan.uzel@amasya.edu.tr - 0000-0002-8238-2588

**Dr. Öğretim Üyesi, Bekir Emre ALTUN**
Amasya Üniversitesi,
emre.altun@amasya.edu.tr - 0000-0002-1176-0035

## ÖZET

Bu çalışmada, küresel ölçekte enerji santrallerine ait veri seti kullanılarak santrallerin dağılımı ve kurulu güç ile üretim arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Çalışmada 34.936 enerji santraline ait veriler incelenmiş ve santraller yakıt türü, ülke ve kapasite değişkenleri açısından değerlendirilmiştir. İlk aşamada tanımlayıcı istatistikler kullanılarak enerji santrallerinin dağılımı ortaya konmuş, ardından kurulu güç ile üretim arasındaki ilişki korelasyon ve regresyon analizleri ile incelenmiştir. Bulgular güneş, hidroelektrik ve rüzgâr enerji santrallerinin sayıca öne çıktığını, buna karşın kömür ve doğal gaz santrallerinin toplam kurulu güç açısından daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre kurulu güç ile üretim arasında güçlü ve pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır ($r = 0.854$). Regresyon modeli, üretimdeki değişimin yaklaşık %73'ünü açıklamaktadır ($R^2 = 0.73$). Kurulu gücün enerji üretimi üzerinde önemli bir belirleyici olduğu, ancak üretimin çok faktörlü bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma, küresel enerji üretim altyapısına ilişkin önemli bulgular sunmakta ve gelecekte yapılacak daha kapsamlı analizler için temel oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji santralleri, kurulu güç, elektrik üretimi, korelasyon analizi, regresyon analizi, yenilenebilir enerji

## 1. GİRİŞ

Küresel ölçekte enerji talebi, nüfus artışı ve ekonomik büyümeye paralel olarak sürekli artış göstermektedir. Enerji tüketimi, sera gazı emisyonları ve ekonomik gelişme arasındaki ilişkiler, enerji sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir [1]. Bu bağlamda, elektrik üretimi yalnızca enerji arzının sağlanması açısından değil, aynı zamanda ekonomik büyümenin temel belirleyicilerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalar, elektrik üretimi ile ekonomik büyüme arasında güçlü ve pozitif bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır [2].

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Elektrik üretim altyapısı, enerji sisteminin temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Enerji santralleri, iletim ve dağıtım şebekeleri ile geniş ölçekli bir enerji altyapısının parçası olup, küresel enerji sisteminin işleyişinde kritik rol oynamaktadır [3]. Küresel ölçekte kurulu güç kapasitesindeki artış, özellikle kömür ve doğal gaz santralleri üzerinden gerçekleşmiş, son yıllarda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının payında önemli bir artış gözlenmiştir.

Her ne kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artış eğiliminde olsa da fosil yakıtlar elektrik üretiminde hâlen önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle kömür, küresel elektrik üretiminde en büyük kaynaklardan biri olmaya devam etmekte ve toplam üretimin önemli bir kısmını karşılamaktadır [4]. Bununla birlikte, enerji sistemlerinde dönüşüm süreci hız kazanmış olup, güneş ve rüzgâr enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç içerisindeki payı hızla artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasite artışlarının büyük çoğunluğunun güneş ve rüzgâr kaynaklı olması beklenmektedir [5].

Enerji üretiminde kurulu güç, santrallerin teorik üretim kapasitesini ifade etmekle birlikte, gerçek üretim düzeyi kapasite faktörü, yakıt türü ve teknolojik altyapı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir [6]. Bu nedenle enerji santrallerinin performansını değerlendirmede kapasite faktörü önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Kapasite faktörü, bir santralin kurulu kapasitesinin ne ölçüde üretime dönüştürüldüğünü ifade etmekte ve farklı enerji kaynaklarının etkinliğini karşılaştırmada önemli bir rol oynamaktadır [6].

Elektrik üretiminde kullanılan farklı yakıt türleri, yalnızca üretim kapasitesi açısından değil, aynı zamanda çevresel ve sosyoekonomik etkileri bakımından da farklılık göstermektedir. Nükleerdoğal gaz, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim yapıları ve etkileri birbirinden farklı olup, bu durum enerji sistemlerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir [6]. Bunun yanı sıra, enerji üretim altyapısı ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Ülkelerin sahip olduğu kaynaklar, teknolojik gelişmişlik düzeyi ve enerji politikaları, elektrik üretim yapısını ve altyapısını doğrudan etkilemektedir [7].

Son yıllarda enerji sistemlerinin karmaşıklığının artması ve büyük ölçekli veri setlerinin erişilebilir hale gelmesi, enerji analizlerinde veri temelli yaklaşımların önemini artırmıştır. Açık ve standartlaştırılmış veri setleri, enerji sistemlerinin analiz edilmesinde şeffaflık ve tekrarlanabilirliği artırmakta ve araştırmaların kalitesine katkı sağlamaktadır [8]. Bununla birlikte, enerji planlamasında kullanılan açık santral veri tabanlarının farklı kaynaklardan elde edilmesi, veri kalitesi ve standardizasyon sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle açık veri setlerinin dikkatli bir Görselde işlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir [9].

Bu çalışma kapsamında, küresel enerji santrallerine ait veri seti kullanılarak santrallerin dağılımı ve kurulu güç ile üretim arasındaki ilişki incelenmektedir. Çalışma, enerji üretim altyapısının veri temelli analizine katkı sağlamayı ve küresel ölçekte enerji üretim yapısına ilişkin genel eğilimleri ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Mevcut literatürde enerji üretim sistemlerine yönelik çalışmalar genellikle enerji tüketimi, ekonomik büyüme veya çevresel etkiler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte, küresel ölçekte enerji santrallerinin kurulu güç ve üretim ilişkisini doğrudan inceleyen veri temelli çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle farklı yakıt türleri ve ülkeler bazında enerji üretim altyapısının karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi literatürde yeterince ele alınmamıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Bu çalışmanın amacı, küresel enerji santrallerine ait veri seti kullanılarak santrallerin dağılımını incelemek ve kurulu güç ile üretim arasındaki ilişkiyi istatistiksel yöntemlerle analiz etmektir. Bu yönüyle çalışma, enerji üretim altyapısının veri temelli analizine katkı sağlamakta ve literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Dataset

Bu çalışmada, küresel ölçekte enerji üretim altyapısını analiz etmek amacıyla "Global Power Plants" veri seti kullanılmıştır [10]. Veri seti, dünya genelinde faaliyet gösteren enerji santrallerine ait bilgileri içermekte olup toplam 34.936 gözlem, 167 ülke ve 15 değişkenden oluşmaktadır. Veri setinde her bir santral için kurulu güç, coğrafi konum, yakıt türü ve üretim bilgileri gibi temel değişkenler yer almaktadır.

Enerji santralleri, elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılan endüstriyel tesislerdir ve genellikle elektrik şebekelerine bağlı olarak çalışmaktadır. Bu tesislerde yer alan jeneratörler, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar; kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların yanı sıra nükleer enerji ile güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kapsamaktadır. Veri setine ait temel tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de sunulmaktadır.

**Çizelge 1. Veri Setine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler**

| Gösterge | Değer |
|---|---|
| Gözlem Sayısı | 34936 |
| Ülke Sayısı | 167 |
| Değişken Sayısı | 16 |
| Eksik Veri (%) - Generation 2021 | 72.35 |
| Eksik Veri (%) - Estimated Generation 2021 | 53.85 |
| Eksik Veri (%) - Start Date | 50.06 |
| Eksik Veri (%) - Owner | 40.27 |

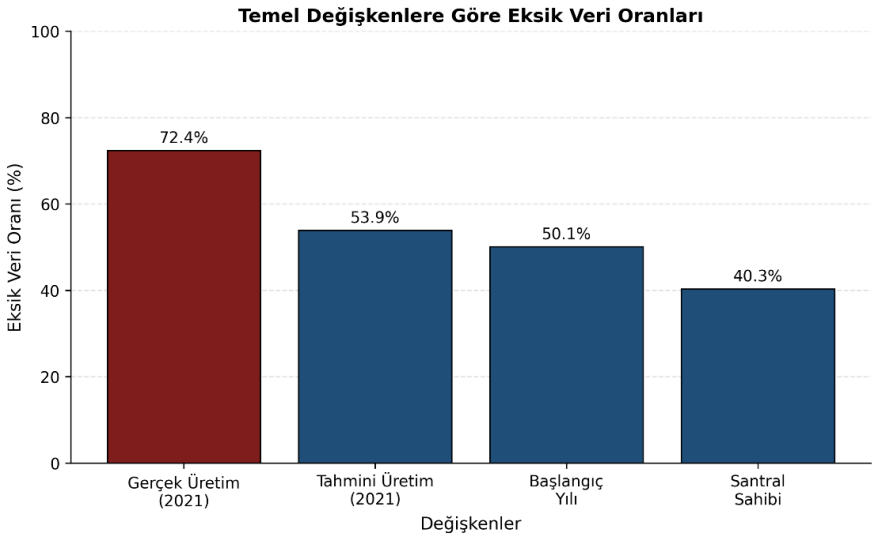
Çizelge 1 incelendiğinde, veri setinin geniş bir coğrafi kapsama sahip olduğu ve özellikle üretim verilerine ilişkin değişkenlerde önemli düzeyde eksik veri bulunduğu görülmektedir. Bu durum, analizlerin yorumlanmasında dikkate alınması gereken temel bir veri sınırlılığıdır.

### 2.2. Veri Ön İşleme ve Sınırlılıklar

Analiz öncesinde veri seti üzerinde temel veri ön işleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sütun isimleri standartlaştırılmış, analizde kullanılacak değişkenler belirlenmiş ve veri yapısı incelenmiştir.

Veri setindeki eksik değerler ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Görsel 1'de gösterilmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 1. Temel değişkenlere göre eksik veri oranları (%)**

Görsel 1 incelendiğinde, özellikle 2021 yılına ait gerçek üretim verisinde yüksek oranda eksiklik bulunduğu, benzer Görselde tahmini üretim ve santral başlangıç yılı değişkenlerinde de önemli düzeyde eksik veri olduğu görülmektedir.
Bu eksiklikler nedeniyle analizler, eksik veri içermeyen gözlemler üzerinden gerçekleştirilmiş olup sonuçların genellenebilirliği bu durum dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

### 2.3. Yöntem

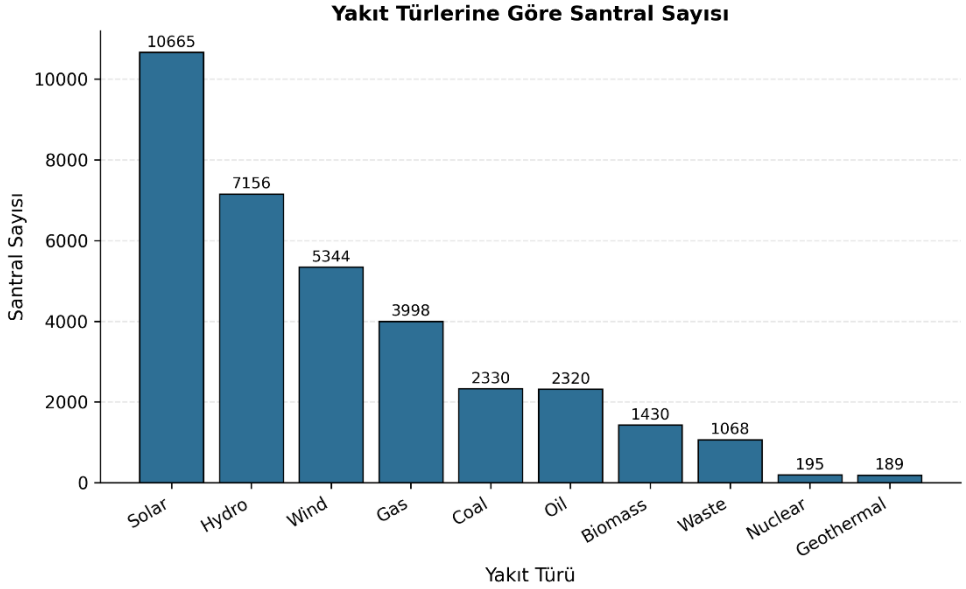
Bu çalışmada enerji santrallerine ilişkin veri seti üzerinde tanımlayıcı istatistikler ve temel istatistiksel analiz yöntemleri uygulanmıştır.İlk aşamada, veri setine ilişkin genel dağılımlar incelenmiş ve enerji santrallerinin yakıt türlerine ve ülkelere göre dağılımı analiz edilmiştir. Bu analizler, küresel enerji üretim altyapısının genel yapısını ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada, enerji santrallerinin kurulu güçleri ile üretim değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi belirlemek amacıyla Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Son olarak, kurulu güç ile üretim arasındaki ilişkiyi modellemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Bu model kapsamında kurulu güç bağımsız değişken, üretim ise bağımlı değişken olarak ele alınmıştır.Elde edilen analiz sonuçları, izleyen bölümde Çizelge ve Görseller aracılığıyla sunulmaktadır.

## 3. BULGAR

Bu bölümde, küresel enerji santrallerine ait veri seti üzerinde gerçekleştirilen analiz sonuçları sunulmaktadır. İlk olarak enerji santrallerinin yakıt türü ve ülkelere göre dağılımları incelenmiş, ardından kurulu güç ile üretim arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, ilgili Görsel ve Çizelgelar aracılığıyla görsel olarak desteklenerek yorumlanmıştır.

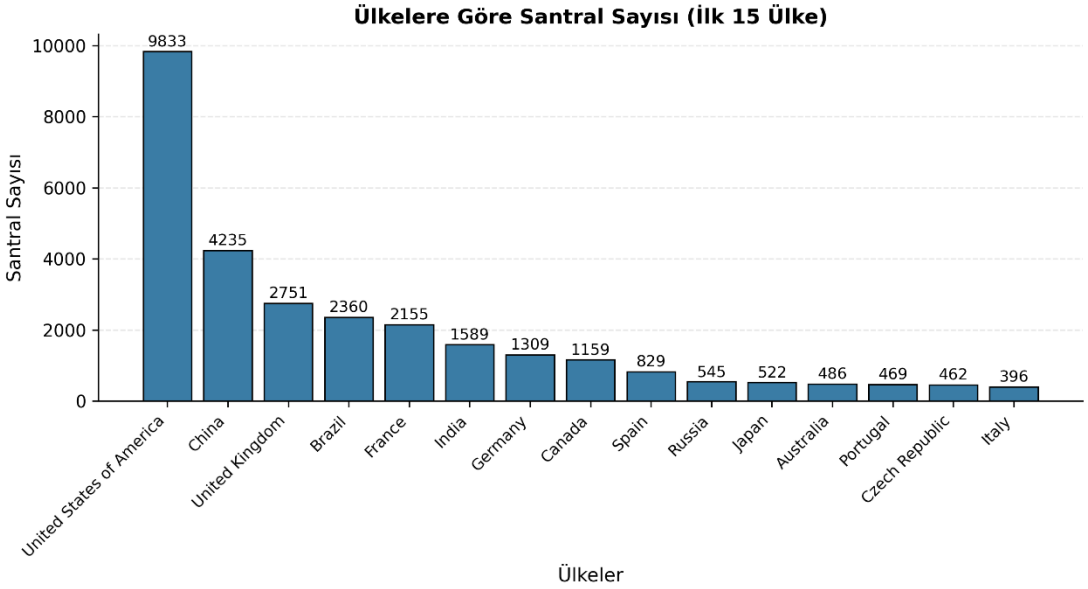
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Enerji santrallerinin yakıt türlerine göre dağılımı Görsel 2'de sunulmaktadır. Görsel 2 incelendiğinde, en fazla santral sayısının güneş (solar), hidroelektrik (hydro) ve rüzgâr (wind) enerji kaynaklarına ait olduğu görülmektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel ölçekte yaygınlaştığını göstermektedir.




**Görsel 2. Yakıt türlerine göre santral sayılarının dağılımı**

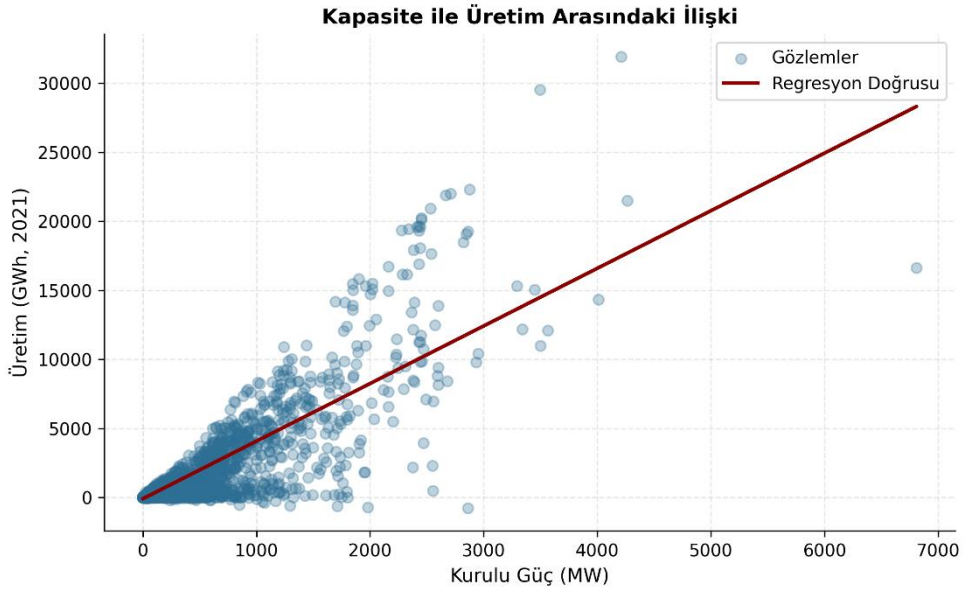
Enerji santrallerinin ülkelere göre dağılımı ise Görsel 3'te gösterilmektedir. Görsel 3 incelendiğinde, en fazla santral sayısına sahip ülkelerin başında Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'in geldiği görülmektedir. Bu ülkeleri Birleşik Krallık, Brezilya ve Fransa izlemektedir. Bu bulgular, küresel enerji üretim altyapısının belirli ülkelerde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.




**Görsel 3. Ülkelere göre santral sayılarının dağılımı (ilk 15 ülke)**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Tanımlayıcı analizler genel olarak değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının santral sayısı bakımından önemli bir paya sahip olduğu, buna karşın enerji üretim altyapısının coğrafi olarak belirli ülkelerde yoğunlaştığı görülmektedir.
Enerji santrallerinin kurulu güçleri ile üretim değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla korelasyon ve regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Görsel 4 ve Çizelge 2'de sunulmaktadır.




**Görsel 4. Kurulu güç ile üretim arasındaki ilişki (scatter ve regresyon doğrusu)**

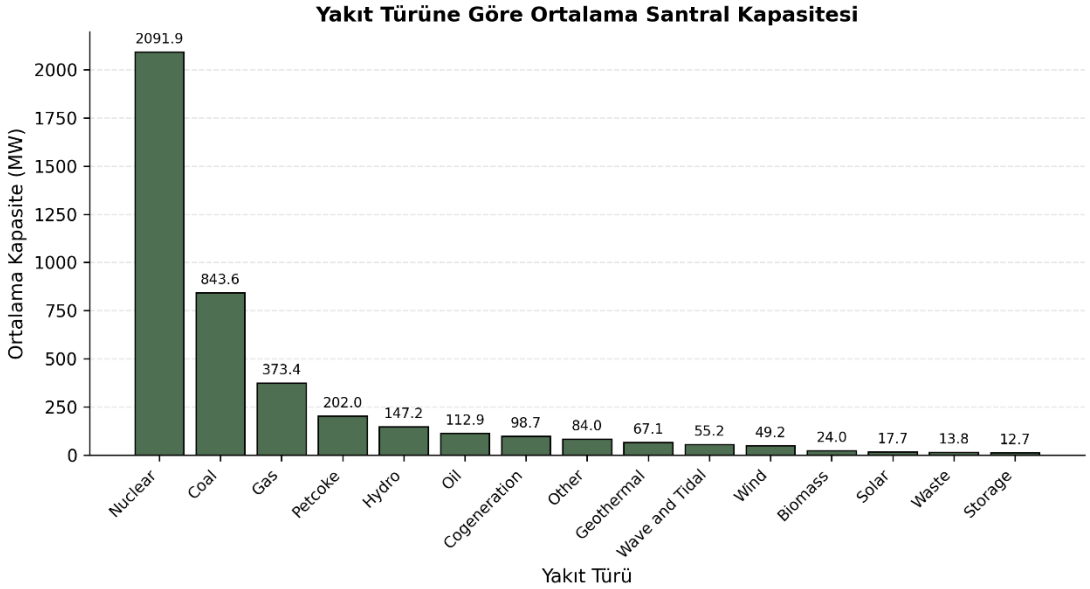
**Çizelge 2. Kurulu güç ile üretim arasındaki korelasyon ve regresyon analizi sonuçları**

| **İstatistik** | **Değer** |
|---|---|
| Korelasyon Katsayısı (r) | 0.854 |
| Determinasyon Katsayısı ($R^2$) | 0.730 |
| Regresyon Katsayısı (β) | 4.172 |
| Sabit Terim (Intercept) | -91.706 |

Çizelge 2 Kurulu güç ile üretim arasındaki korelasyon ve regresyon analizi sonuçlarını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, kurulu güç ile elektrik üretimi arasında güçlü ve pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır (r = 0.854). Bu bulgu, santralin kurulu gücü arttıkça üretim miktarının da arttığını göstermektedir. Kurulan basit doğrusal regresyon modeli sonucunda determinasyon katsayısı $R^2$ = 0.73 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, modelin üretimdeki değişimin yaklaşık %73'ünü açıkladığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, kurulu güç enerji üretiminin önemli bir belirleyicisi olmakla birlikte, üretimi etkileyen tek faktör değildir. Regresyon katsayısı (β = 4.172) incelendiğinde, kurulu güçteki bir birimlik artışın (1

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

MW) üretimde yaklaşık 4.17 GWh'lik bir artışa karşılık geldiği görülmektedir. Bu durum, kapasite ile üretim arasında anlamlı ve doğrusal bir ilişki olduğunu desteklemektedir. Bununla birlikte, modelde yer almayan yakıt türü, teknolojik altyapı, santral verimliliği ve çevresel koşullar gibi faktörlerin de üretim üzerinde etkili olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, kapasitenin üretim üzerindeki etkisini güçlü biçimde ortaya koymakla birlikte, enerji üretiminin çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Enerji santrallerinin yakıt türlerine göre ortalama kapasite değerleri Görsel 5'te sunulmaktadır.




**Görsel 5. Yakıt türüne göre ortalama santral kapasitesi**

Görsel 5 incelendiğinde, nükleer enerji santrallerinin diğer enerji türlerine kıyasla oldukça yüksek ortalama kapasiteye sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın güneş, rüzgâr ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji santrallerinin daha düşük ortalama kapasite değerlerine sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu bulgular, yenilenebilir enerji santrallerinin sayıca fazla olmasına rağmen genellikle daha küçük ölçekli tesislerden oluştuğunu, buna karşılık nükleer ve fosil yakıtlı santrallerin daha büyük ölçekli üretim kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, küresel ölçekte enerji santrallerine ait veri seti kullanılarak santrallerin dağılımı ve kurulu güç ile üretim arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen bulgular, enerji üretim altyapısının hem yakıt türü hem de coğrafi dağılım açısından belirli eğilimler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tanımlayıcı analizler sonucunda, güneş, hidroelektrik ve rüzgâr enerji santrallerinin sayıca öne çıktığı belirlenmiştir. Buna karşın kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlı santrallerin toplam kurulu güç açısından daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Ülke bazlı incelemelerde ise enerji santrallerinin özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Çin gibi ülkelerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Kurulu güç ile üretim arasındaki ilişkiyi inceleyen analizler, iki değişken arasında güçlü ve pozitif yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermiştir ($r = 0.854$). Regresyon analizi sonuçlarına göre modelin determinasyon katsayısı $R^2 = 0.73$ olarak

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

hesaplanmış olup, bu durum kurulu gücün üretim üzerindeki önemli bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, üretimin yalnızca kapasite ile açıklanamayacağı ve yakıt türü, teknolojik altyapı ve çevresel faktörler gibi değişkenlerin de etkili olduğu anlaşılmaktadır. Yakıt türlerine göre ortalama kapasite değerleri incelendiğinde, nükleer enerji santrallerinin diğer enerji türlerine kıyasla oldukça yüksek kapasiteye sahip olduğu, buna karşın yenilenebilir enerji santrallerinin daha küçük ölçekli olduğu belirlenmiştir. Bu durum, enerji üretiminde farklı teknolojilerin farklı ölçeklerde faaliyet gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmanın en önemli sınırlılığı, özellikle üretim verilerine ilişkin değişkenlerde yüksek oranda eksik veri bulunmasıdır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar değerlendirilirken veri sınırlılıklarının dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışma küresel enerji üretim altyapısına ilişkin önemli bulgular sunmakta ve kurulu güç ile üretim arasındaki ilişkinin güçlü bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Gelecek çalışmalarda, daha kapsamlı veri setleri kullanılarak zaman serisi analizleri yapılması ve farklı değişkenlerin modele dahil edilmesi, enerji üretim süreçlerinin daha detaylı anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

[1] J. Scheffran, M. Felkers, and R. Froese, “Economic growth and the global energy demand,” *Green Energy to Sustainability: Strategies for Global Industries*, pp. 3–44, Apr. 2020, doi: 10.1002/9781119152057.CH1.

[2] B. Atems and C. Hotaling, “The effect of renewable and nonrenewable electricity generation on economic growth,” *Energy Policy*, vol. 112, pp. 111–118, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.ENPOL.2017.10.015.

[3] G. Kalt, P. Thunshirn, and H. Haberl, “A global inventory of electricity infrastructures from 1980 to 2017: Country-level data on power plants, grids and transformers,” *Data Brief*, vol. 38, p. 107351, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.DIB.2021.107351.

[4] I. Energy Agency, “Coal 2024: Analysis and forecast to 2027,” 2024, Accessed: May 02, 2026. [Online]. Available: www.iea.org

[5] I. Energy Agency, “Renewables 2024,” 2024, Accessed: May 02, 2026. [Online]. Available: www.iea.org

[6] N. Bolson, P. Prieto, and T. Patzek, “Capacity factors for electrical power generation from renewable and nonrenewable sources,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 119, no. 52, p. e2205429119, Dec. 2022, doi: 10.1073/PNAS.2205429119.

[7] W. H. J. Graus, M. Voogt, and E. Worrell, “International comparison of energy efficiency of fossil power generation,” *Energy Policy*, vol. 35, no. 7, pp. 3936–3951, Jul. 2007, doi: 10.1016/J.ENPOL.2007.01.016.

[8] F. Wiese *et al.*, “Open Power System Data – Frictionless data for electricity system modelling,” *Appl. Energy*, vol. 236, pp. 401–409, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.APENERGY.2018.11.097.

[9] F. Gotzens, H. Heinrichs, J. Hörsch, and F. Hofmann, “Performing energy modelling exercises in a transparent way - The issue of data quality in power plant databases,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 23, pp. 1–12, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.ESR.2018.11.004.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

[10] "Global Power-Plants." Accessed: May 02, 2026. [Online]. Available: https://www.kaggle.com/datasets/ramjasmaurya/global-powerplants/data

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# HETEROJEN YENİ NESİL YIĞIN TOPLULUK MODELİ KULLANILARAK BETON BASINÇ DAYANIMININ TAHMİNİ

**Dr. Öğretim Üyesi, Feyyaz ALPSALAZ**
Amasya Üniversitesi,
feyyaz.alspalaz@amasya.edu.tr - 0000-0002-7695-6426

**Dr. Öğretim Üyesi, :Hasan UZEL**
Amasya Üniversitesi,
hasan.uzel@amasya.edu.tr - 0000-0002-8238-2588

**Dr. Öğretim Üyesi, Bekir Emre ALTUN**
Amasya Üniversitesi,
emre.altun@amasya.edu.tr - 0000-0002-1176-0035

## ÖZET

Bu çalışmada beton basınç dayanımının tahmini için heterojen yapıya sahip bir New Generation Stacking Ensemble (Yeni Nesil Yığın) modeli geliştirilmiştir. Veri setinde çimento, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, su, süper akışkanlaştırıcı, kaba agrega, ince agrega ve yaş olmak üzere sekiz giriş değişkeni kullanılmıştır. Önerilen yapıda Random Forest, Extra Trees, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM ve CatBoost taban öğrenicileri yer almış, bu modellerin tahminleri Ridge Regression meta-öğrenicisi ile birleştirilmiştir. Modeller MSE, RMSE, MAE, $R^2$ ve çapraz doğrulama $R^2$ metrikleri ile değerlendirilmiştir. En iyi sonuç Stacking Ensemble - New Generation modeli ile elde edilmiş; model MSE = 16.7881, RMSE = 4.0973, MAE = 2.6547 ve $R^2 = 0.9437$ değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca CV $R^2 = 0.9218 \pm 0.0129$ sonucu, modelin kararlı bir genelleme performansı sunduğunu göstermiştir. SHAP analizi, tahminler üzerinde en etkili değişkenlerin sırasıyla yaş, çimento, yüksek fırın cürufu ve su olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, önerilen stacking yaklaşımının beton basınç dayanımı tahmininde tekil modellere göre daha başarılı ve yorumlanabilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Beton basınç dayanımı; Makine öğrenmesi; Yığınlama (Stacking) topluluk modeli; Regresyon; SHAP

## 1. GİRİŞ

Beton basınç dayanımı, betonun taşıma kapasitesini, yapısal güvenilirliğini ve uzun dönem performansını belirleyen temel mekanik özelliklerden biridir. Bu özellik; çimento, su, agrega, mineral katkılar, kimyasal katkılar ve kür süresi gibi çok sayıda değişkenin eş zamanlı etkisi altında gelişmektedir. Söz konusu değişkenler arasındaki etkileşimlerin doğrusal olmaması, basınç dayanımının klasik istatistiksel modellerle güvenilir biçimde tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Ayrıca standart laboratuvar deneyleri numune üretimi, kür süresi, deney ekipmanı ve iş gücü gerektirdiğinden zaman ve maliyet açısından önemli sınırlılıklar

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

taşımaktadır. Bu nedenle son yıllarda beton basınç dayanımının tahmininde makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Yapay sinir ağları, destek vektör regresyonu, karar ağaçları, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM ve CatBoost gibi yöntemler, beton karışım bileşenleri ile dayanım arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri veri odaklı olarak öğrenebilmektedir. Özellikle ağaç tabanlı ensemble modelleri, farklı özellik alt uzaylarında ve örnek dağılımlarında öğrenme gerçekleştirmeleri nedeniyle tekil doğrusal modellere kıyasla daha güçlü genelleme kapasitesi sunmaktadır [1,2].

Güncel araştırmalarda model başarısını artırmak amacıyla yalnızca algoritma seçimine değil, aynı zamanda hiperparametre optimizasyonuna da odaklanılmaktadır. Bayesian optimizasyon, parçacık sürü optimizasyonu, gri kurt optimizasyonu, balina optimizasyonu ve geliştirilmiş yarasa algoritması gibi yöntemler; XGBoost, ensemble modelleri ve derin öğrenme mimarilerinin parametrelerini ayarlamak için kullanılmıştır [3–5]. Bu çalışmalar, uygun hiperparametre seçiminin tahmin kararlılığı ve genelleme başarısı üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte optimizasyon tabanlı yaklaşımlar çoğunlukla tek bir ana modelin iyileştirilmesine odaklanmakta ve farklı öğrenme mekanizmalarının tamamlayıcı katkılarından sınırlı ölçüde yararlanmaktadır. Ensemble öğrenme, farklı algoritmaların tahminlerini bir araya getirerek tekil modellerin varyansını ve model kaynaklı yanlılığını azaltmayı amaçlamaktadır. Bagging yöntemleri örnekleme çeşitliliği üzerinden kararlılık sağlarken, boosting algoritmaları ardışık hata düzeltme mekanizmasıyla daha karmaşık örüntüleri öğrenmektedir. Stacking yaklaşımında ise farklı taban öğrenicilerin çıktıları ikinci düzey bir meta-öğrenici tarafından yeniden değerlendirilmekte ve nihai tahmin bu birleşik bilgi üzerinden üretilmektedir. Bu yapı, birbirinden farklı öğrenme prensiplerine sahip modellerin tamamlayıcı özelliklerinden yararlanılması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Stacking tabanlı yapıların betonla ilişkili tahmin ve sınıflandırma problemlerinde etkili sonuçlar verdiği daha önce gösterilmiştir [6].

Tahmin doğruluğunun yanı sıra model kararlarının açıklanabilir olması da yapı mühendisliği açısından kritik öneme sahiptir. Karmaşık makine öğrenmesi modelleri yüksek tahmin başarısı sunabilse de, karar süreçlerinin doğrudan yorumlanamaması uygulama güvenilirliğini sınırlayabilmektedir. Bu nedenle SHAP, LIME ve Explainable Boosting Machine gibi açıklanabilir yapay zekâ yöntemleri, giriş değişkenlerinin tahminler üzerindeki yönünü ve göreli etkisini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle SHAP yöntemi hem küresel özellik önemini hem de örnek bazlı yerel katkıları göstermesi nedeniyle beton dayanımı tahmininde yaygın biçimde tercih edilmektedir [7].

Bununla birlikte mevcut literatürün önemli bir bölümü tek bir boosting algoritmasına, belirli bir optimizasyon yöntemine veya belirli bir beton türüne odaklanmaktadır. Farklı bagging ve boosting modellerini aynı stacking mimarisi içinde birleştiren, taban model tahminlerini orijinal giriş değişkenleriyle birlikte meta-öğreniciye aktaran ve nihai modeli SHAP ile açıklayan heterojen yaklaşımlar daha sınırlı düzeyde incelenmiştir. Bu çalışmada söz konusu boşluğu gidermek amacıyla Random Forest, Extra Trees, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM ve CatBoost modellerinden oluşan heterojen bir New Generation Stacking Ensemble yapısı geliştirilmiştir. Taban öğrenicilerden elde edilen tahminler, passthrough stratejisiyle orijinal giriş özellikleriyle birleştirilmiş ve Ridge Regression meta-öğrenicisine aktarılmıştır. Model

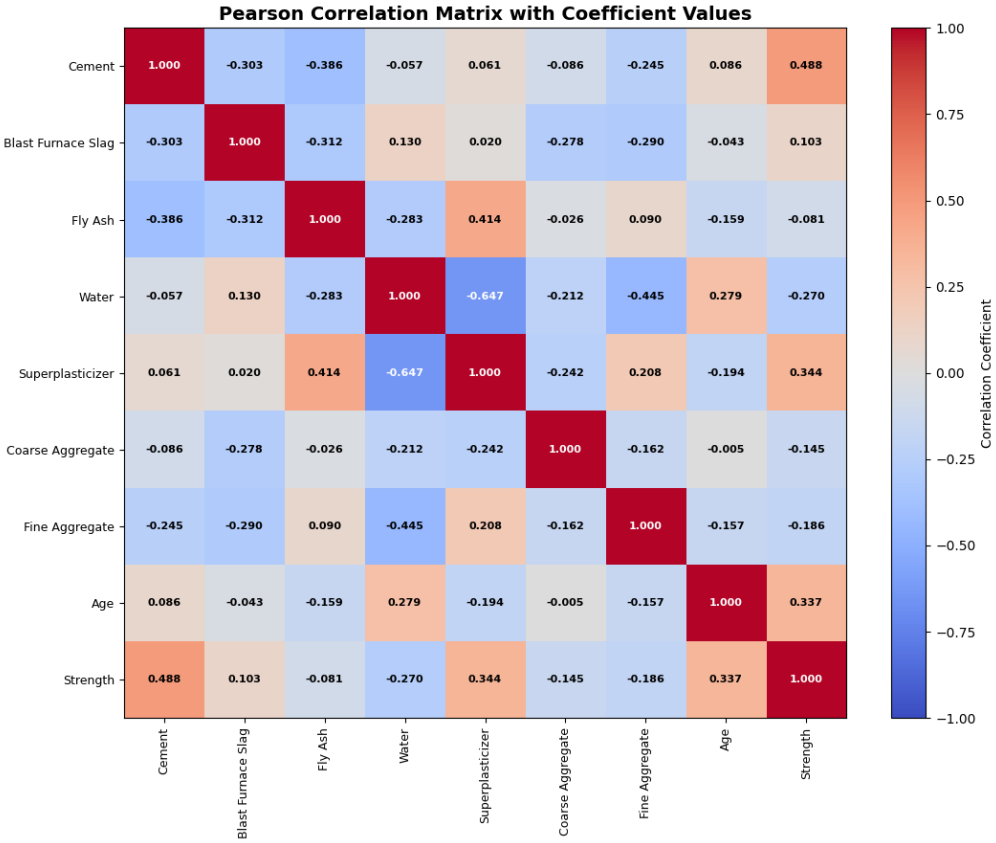
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

performansı MSE, RMSE, MAE, $R^2$ ve çapraz doğrulama +metrikleriyle değerlendirilmiş; değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analiziyle, model kararları ise SHAP yöntemiyle incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Dataset

Bu çalışmada beton basınç dayanımının tahmin edilmesi amacıyla Kaggle platformunda yer alan beton dayanımı veri seti kullanılmıştır (Dataset, 2026). Veri seti, beton karışım bileşenleri ile nihai basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi modellemek için hazırlanmış olup makine öğrenmesi tabanlı regresyon çalışmaları için uygun bir veri yapısına sahiptir. Çalışmada hedef değişken sürekli sayısal bir değer olduğundan problem regresyon problemi olarak ele alınmıştır. Veri setinde sekiz giriş değişkeni ve bir hedef değişken bulunmaktadır. Giriş değişkenleri cement, blast furnace slag, fly ash, water, superplasticizer, coarse aggregate, fine aggregate ve age değişkenlerinden oluşmaktadır. Hedef değişken ise betonun compressive strength değeridir. Bu değişkenler beton karışım tasarımında dayanımı etkileyen temel bileşenleri temsil etmektedir. Çimento, yüksek fırın cürufu ve uçucu kül bağlayıcı malzeme özelliklerini; su ve süper akışkanlaştırıcı karışımın işlenebilirlik ve hidratasyon davranışını; kaba agrega ve ince agrega betonun iskelet yapısını; yaş değişkeni ise kür süresine bağlı dayanım gelişimini ifade etmektedir. Modelleme öncesinde veri seti eksik değer, tekrar eden gözlem ve değişkenler arası ilişkiler açısından incelenmiştir.




**Görsel 1. Beton basınç dayanımı veri setindeki değişkenlere ait Pearson korelasyon matrisi.**

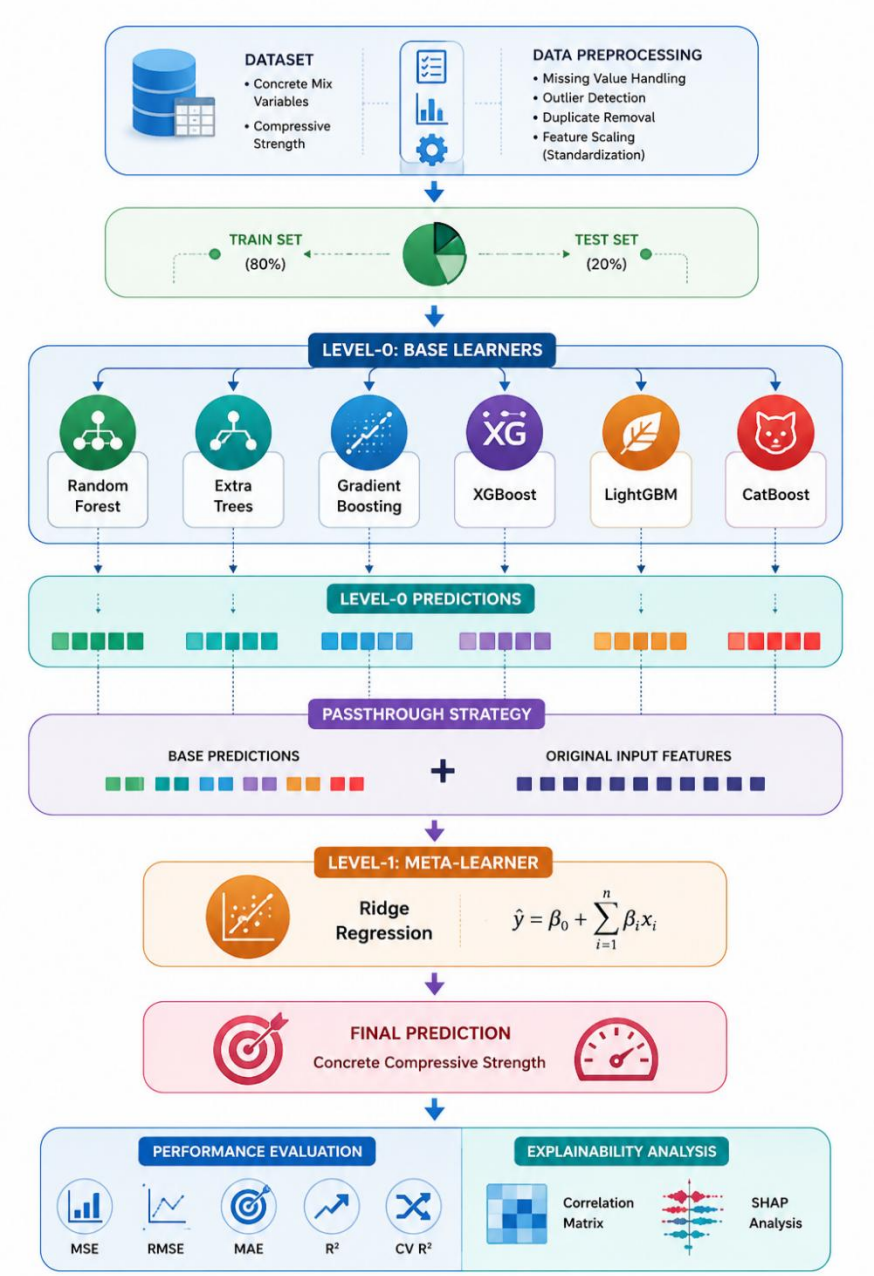
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Değişkenler arasındaki doğrusal ilişkileri değerlendirmek amacıyla Pearson korelasyon matrisi oluşturulmuş ve Görsel 1' de sunulmuştur. Renk skalası ve hücre içi katsayılar, beton karışım bileşenleri ile basınç dayanımı arasındaki doğrusal ilişki düzeyini göstermektedir. Pozitif katsayılar aynı yönlü ilişkiyi, negatif katsayılar ise ters yönlü ilişkiyi ifade etmektedir. Görsel 1 incelendiğinde, beton basınç dayanımı ile özellikle cement ve age değişkenleri arasında pozitif yönlü ilişki olduğu görülmektedir. Buna karşılık water değişkeninin dayanım ile negatif yönlü ilişki göstermesi, su miktarındaki artışın beton dayanımı üzerinde sınırlayıcı etki oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, beton basınç dayanımının tek bir değişkenle açıklanamayacağını, karışım bileşenleri ve kür süresi arasındaki çoklu ilişkilerle belirlendiğini göstermektedir.

### 2.2. Önerilen Model Çerçevesi

Stacking Ensemble, farklı öğrenme algoritmalarının güçlü yönlerini bir araya getirerek tahmin performansını artırmayı amaçlayan çok seviyeli bir ensemble öğrenme yaklaşımıdır [9–11]. Bu yöntemde ilk seviyede yer alan taban öğreniciler (base learners), aynı veri kümesi üzerinde bağımsız olarak eğitilir ve her bir model hedef değişken için tahmin üretir [12]. Çalışmada önerilen model akışı, beton karışım değişkenlerinden basınç dayanımını tahmin etmek amacıyla çok aşamalı bir makine öğrenmesi çerçevesi olarak tasarlanmış ve Görsel 2 de sunulmuştur. İlk aşamada veri seti yüklenmiş, eksik değerler ve tekrar eden gözlemler kontrol edilmiştir. Daha sonra veri seti eğitim ve test alt kümelerine ayrılmıştır. Modelleme aşamasında farklı regresyon algoritmaları eğitilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. En başarılı sonuç, heterojen taban öğrenicilerden oluşan Stacking Ensemble - New Generation modeli ile elde edilmiştir. Önerilen stacking yapısında ilk seviyede Random Forest, Extra Trees, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM ve CatBoost modelleri kullanılmıştır. Bu modeller beton bileşenleri ile basınç dayanımı arasındaki farklı doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmek için eğitilmiştir. İkinci seviyede ise bu modellerden elde edilen tahminler, orijinal giriş değişkenleriyle birlikte Ridge Regression meta-öğrenicisine aktarılmıştır. Son tahmin bu meta-öğrenici tarafından üretilmiştir. Modelin tahmin performansı MSE, RMSE, MAE, $R^2$ ve çapraz doğrulama $R^2$ metrikleri ile değerlendirilmiş; ayrıca SHAP analizi ile modelin yorumlanabilirliği incelenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**Görsel 2. Beton basınç dayanımı tahmini için önerilen New Generation Stacking Ensemble modelinin genel çerçevesi.**

## 3. BULGAR

Bu bölümde, beton basınç dayanımının tahmin edilmesi amacıyla kullanılan makine öğrenmesi modellerinin performansları karşılaştırılmıştır. Modellerin başarısı MSE, RMSE, MAE, $R^2$ ve çapraz doğrulama $R^2$ metrikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Ayrıca tahmin başarısını görsel olarak desteklemek amacıyla model karşılaştırma grafikleri, gerçek-tahmin dağılımı, artık hata analizleri ve SHAP tabanlı yorumlana bilirlik sonuçları sunulmuştur. Böylece hem modellerin nicel performansı hem de en başarılı modelin tahmin davranışı birlikte incelenmiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

```
================ MODEL COMPARISON ================
```

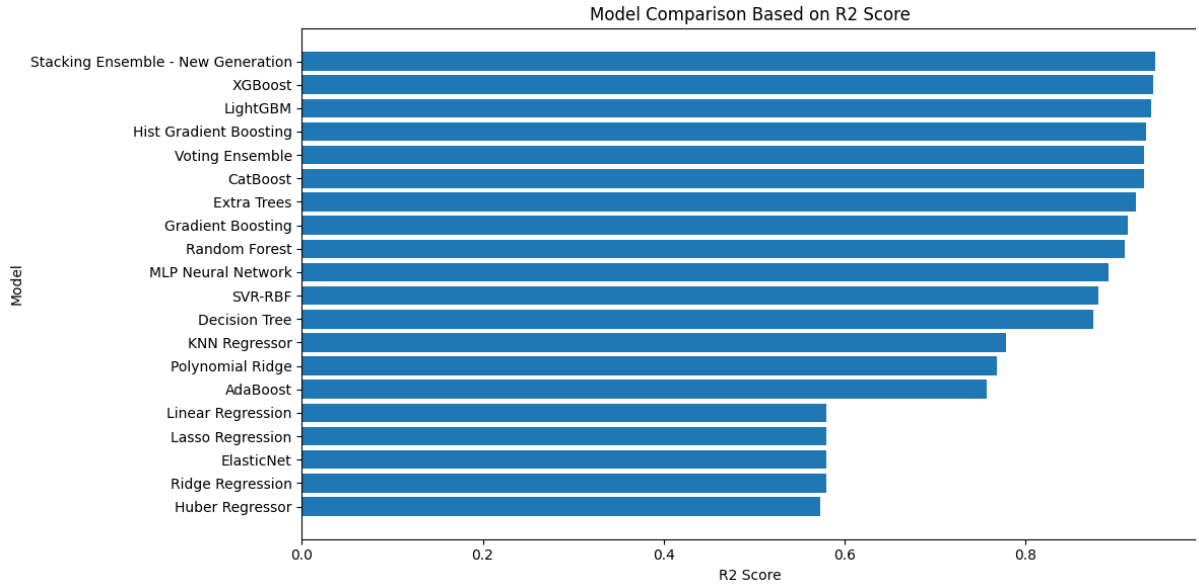
| | Model | MSE | RMSE | MAE | R2 | CV_R2_Mean | CV_R2_Std |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Stacking Ensemble - New Generation | 16.788071 | 4.097325 | 2.654697 | 0.943726 | 0.921760 | 0.012889 |
| 1 | XGBoost | 17.414420 | 4.173059 | 2.838838 | 0.941626 | 0.916725 | 0.017915 |
| 2 | LightGBM | 18.010808 | 4.243914 | 2.735818 | 0.939627 | 0.913715 | 0.014071 |
| 3 | Hist Gradient Boosting | 19.636024 | 4.431255 | 2.887414 | 0.934179 | 0.910389 | 0.008992 |
| 4 | Voting Ensemble | 20.411120 | 4.517867 | 2.985324 | 0.931581 | 0.913778 | 0.014680 |
| 5 | CatBoost | 20.439666 | 4.521025 | 3.158858 | 0.931485 | 0.919642 | 0.014806 |
| 6 | Extra Trees | 23.055844 | 4.801650 | 2.950335 | 0.922716 | 0.897882 | 0.020836 |
| 7 | Gradient Boosting | 25.933459 | 5.092490 | 3.715660 | 0.913070 | 0.899382 | 0.017785 |
| 8 | Random Forest | 26.837446 | 5.180487 | 3.497915 | 0.910040 | 0.885309 | 0.021878 |
| 9 | MLP Neural Network | 32.192605 | 5.673853 | 4.042124 | 0.892089 | 0.831440 | 0.040169 |
| 10 | SVR-RBF | 35.692265 | 5.974300 | 4.022850 | 0.880358 | 0.853344 | 0.023845 |
| 11 | Decision Tree | 37.293265 | 6.106821 | 4.081111 | 0.874991 | 0.798822 | 0.019126 |
| 12 | KNN Regressor | 65.954231 | 8.121221 | 5.906586 | 0.778918 | 0.698028 | 0.025979 |
| 13 | Polynomial Ridge | 69.163294 | 8.316447 | 6.176060 | 0.768161 | 0.756078 | 0.008321 |
| 14 | AdaBoost | 72.443069 | 8.511349 | 6.749157 | 0.757167 | 0.735492 | 0.031687 |
| 15 | Linear Regression | 125.245648 | 11.191320 | 8.895256 | 0.580170 | 0.589524 | 0.028674 |
| 16 | Lasso Regression | 125.249027 | 11.191471 | 8.895468 | 0.580159 | 0.589524 | 0.028670 |
| 17 | ElasticNet | 125.264370 | 11.192157 | 8.896246 | 0.580108 | 0.589535 | 0.028677 |
| 18 | Ridge Regression | 125.291160 | 11.193353 | 8.897598 | 0.580018 | 0.589533 | 0.028685 |
| 19 | Huber Regressor | 127.161562 | 11.276594 | 8.685496 | 0.573748 | 0.569871 | 0.040018 |

```
================ BEST MODEL ================
Best Model : Stacking Ensemble - New Generation
MSE        : 16.7881
RMSE       : 4.0973
MAE        : 2.6547
R2         : 0.9437
CV R2      : 0.9218 ± 0.0129
```

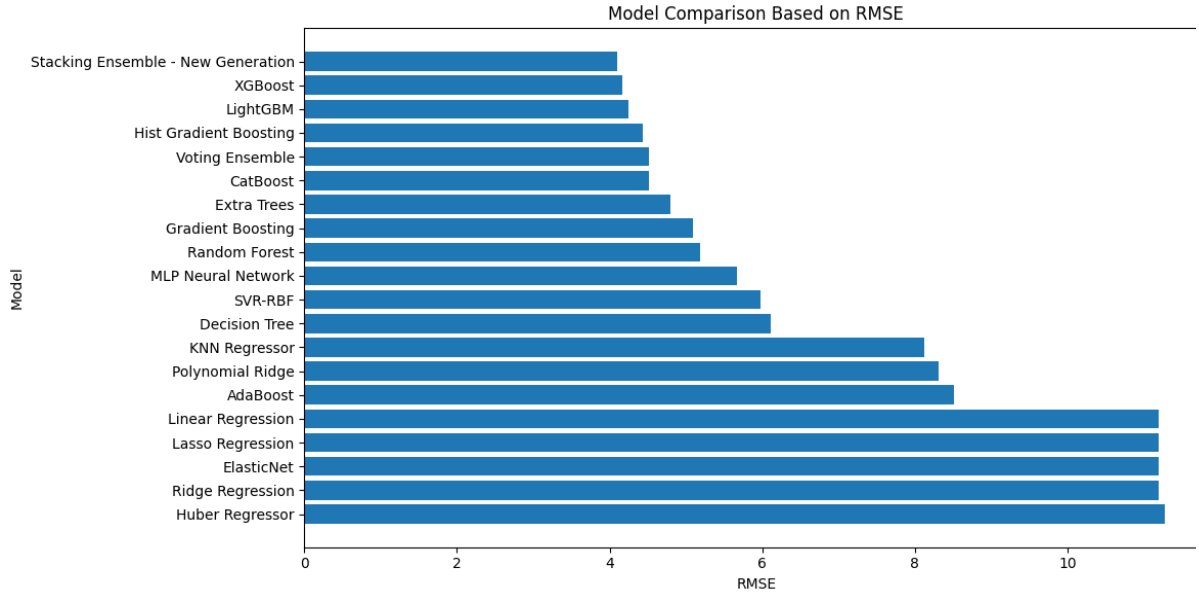
**Görsel 3. Farklı makine öğrenmesi modellerinin beton basınç dayanımı tahmin performanslarının karşılaştırılması.**

Görsel 3'te farklı regresyon modellerinin beton basınç dayanımı tahmin performansları verilmiştir. Sonuçlara göre en başarılı model Stacking Ensemble-New Generation olmuştur. Bu model MSE = 16.7881, RMSE = 4.0973, MAE = 2.6547 ve $R^2 = 0.9437$ değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca CV $R^2 = 0.9218 \pm 0.0129$ sonucu, modelin kararlı bir genelleme performansı sunduğunu göstermektedir. XGBoost ve LightGBM modelleri de yüksek performans göstermesine rağmen, Stacking Ensemble modeli daha düşük hata ve daha yüksek $R^2$ değeriyle öne çıkmıştır.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**a)**

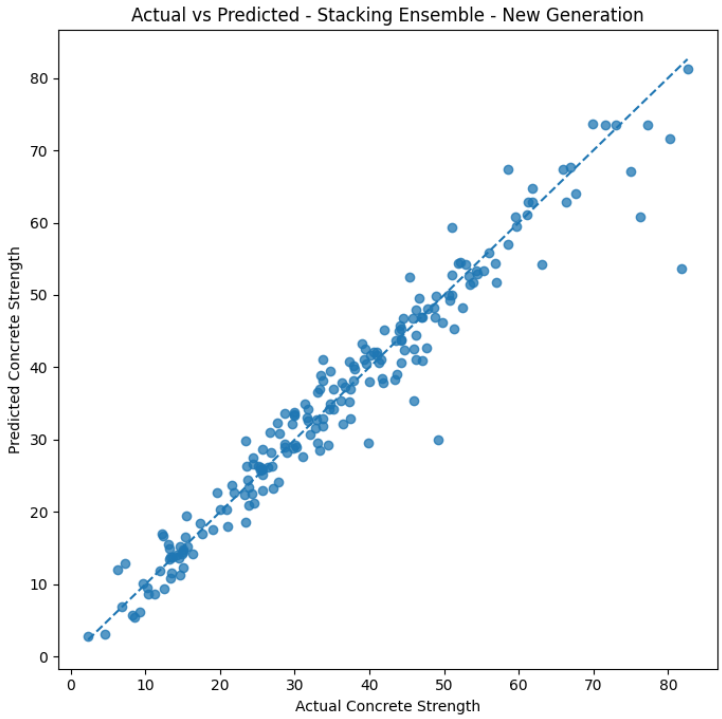



**b)**

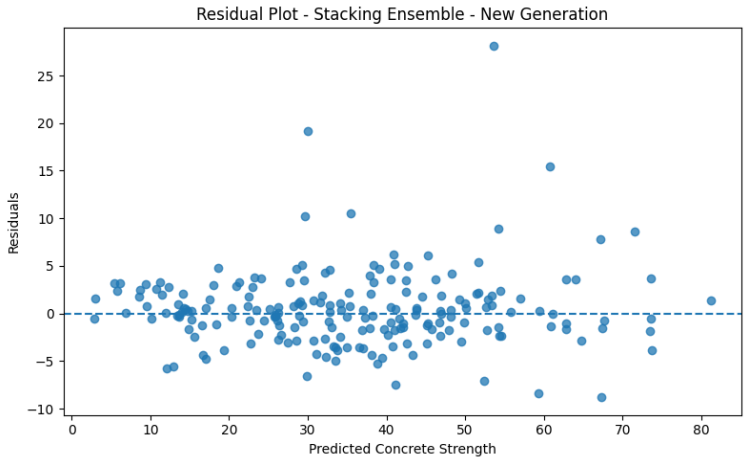
**Görsel 4. Modellerin R² ve RMSE değerlerine göre karşılaştırılması. a) R² skorlarına göre model performansı, b) RMSE değerlerine göre hata karşılaştırması.**

Görsel 4'de modellerin başarı ve hata durumları görsel olarak karşılaştırılmıştır. Stacking Ensemble - New Generation modeli en yüksek R² değerine ve en düşük RMSE değerine ulaşarak en başarılı model olmuştur. XGBoost ve LightGBM modelleri de yakın performans göstermiştir. Buna karşılık doğrusal modeller ve Huber Regressor daha yüksek hata değerleriyle daha düşük tahmin başarısı sergilemiştir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**a)**

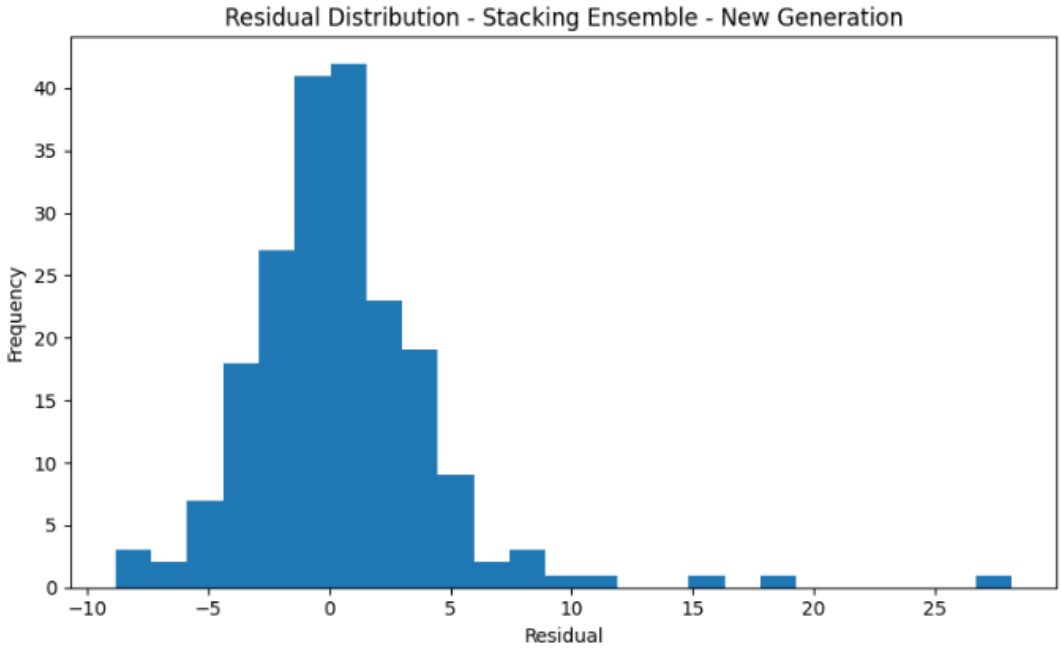



**b)**

**Görsel 5. En başarılı modelin tahmin ve artık hata analizi. a) Stacking Ensemble - New Generation modeli için gerçek ve tahmin edilen beton basınç dayanımı değerleri, b) tahmin edilen değerlere karşı artık hata dağılımı.**

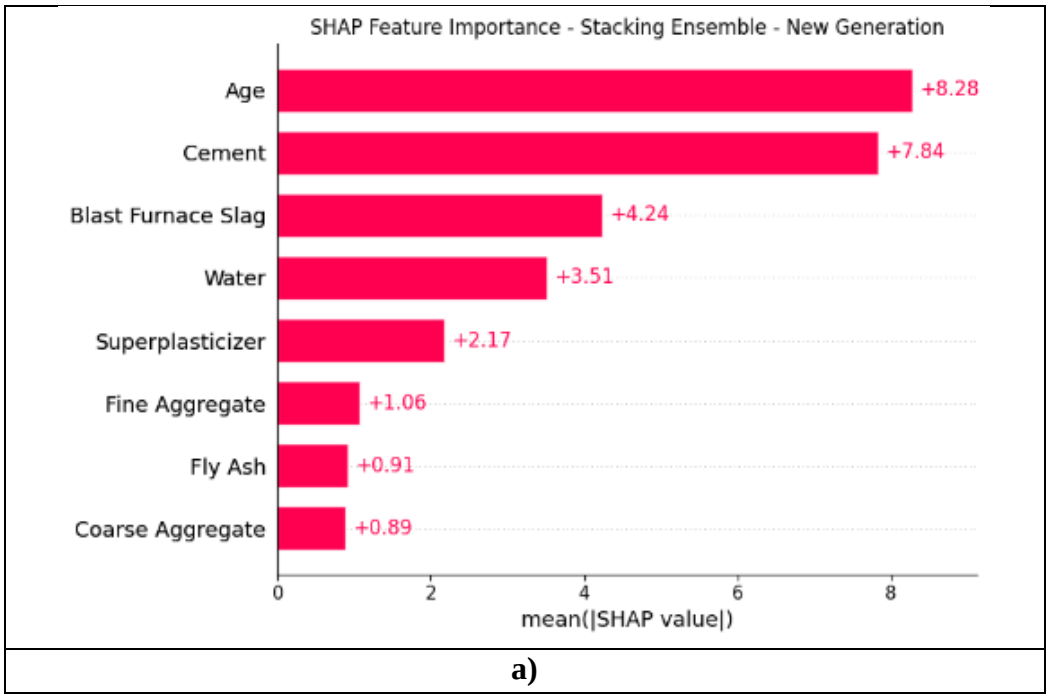
Görsel 5a'da tahminlerin diyagonal çizgiye yakın yoğunlaşması, modelin gerçek beton dayanımı değerlerini başarılı Görselde izlediğini göstermektedir. Görsel 5b'de artıkların büyük ölçüde sıfır çizgisi etrafında dağılması, model hatalarının genel olarak dengeli olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte yüksek dayanım aralıklarında sınırlı sapmalar görülmektedir.

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2



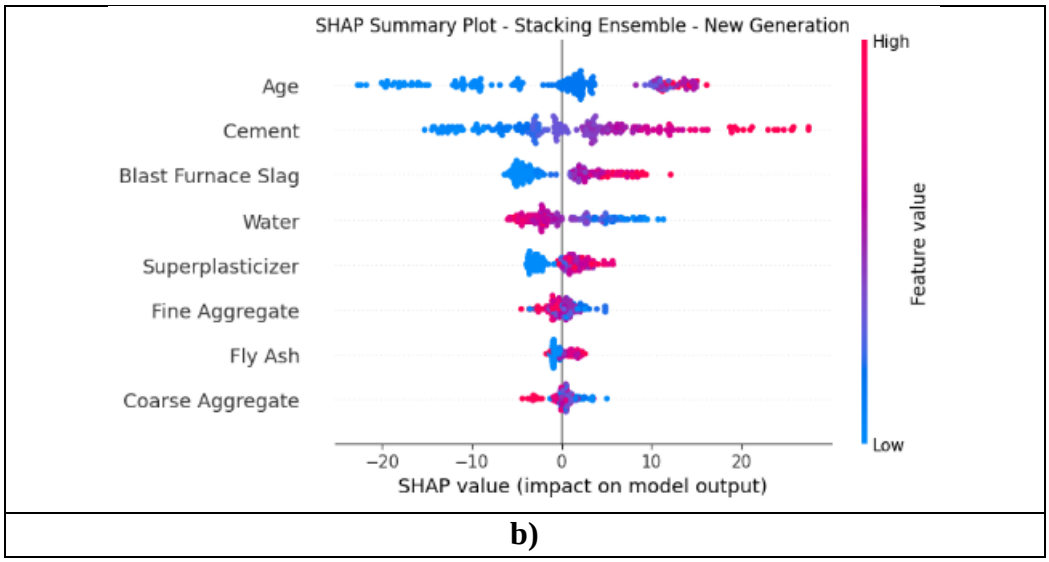

**Görsel 6. Stacking Ensemble - New Generation modeli için artık hata dağılımı.**

Görsel 6'da modelin tahmin hatalarının dağılımı verilmiştir. Artıkların büyük kısmının 0 çevresinde yoğunlaşması, modelin genel olarak dengeli tahminler yaptığını göstermektedir. Hataların çoğu dar bir aralıkta toplanırken, az sayıda yüksek pozitif artık değeri görülmektedir. Bu durum, modelin genel tahmin başarısının yüksek olduğunu ancak bazı örneklerde özellikle yüksek dayanım bölgelerinde sapmalar oluşabildiğini göstermektedir.




**a)**

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2




**b)**

**Görsel 7. Stacking Ensemble - New Generation modeli için SHAP tabanlı yorumlanabilirlik analizi. a) Özelliklerin ortalama mutlak SHAP değerlerine göre önem sıralaması, b) özellik değerlerinin model tahminleri üzerindeki yönlü etkisini gösteren SHAP özet grafiği.**

Görsel 7'ye göre model tahminlerinde en etkili değişkenler sırasıyla Age, Cement, Blast Furnace Slag ve Water olmuştur. Özellikle Age ve Cement değişkenlerinin yüksek SHAP değerlerine sahip olması, beton dayanımının kür süresi ve çimento miktarından güçlü biçimde etkilendiğini göstermektedir. SHAP özet grafiği ise yüksek Age ve Cement değerlerinin genel olarak tahmin edilen dayanımı artırdığını, Water değişkeninin ise bazı örneklerde dayanım üzerinde azaltıcı etki oluşturduğunu göstermektedir.

## 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada beton basınç dayanımının tahmini için farklı regresyon modelleri karşılaştırılmış ve en yüksek performans heterojen New Generation Stacking Ensemble modeli ile elde edilmiştir. Önerilen modelin düşük hata değerleri ve yüksek $R^2$ sonucu, beton karışım bileşenleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri başarılı biçimde öğrendiğini göstermiştir. Gerçek ve tahmin edilen değerlerin diyagonal çizgi etrafında yoğunlaşması ve artıkların büyük ölçüde sıfır çevresinde dağılması da modelin tahmin kararlılığını desteklemiştir. SHAP analizi ise yaş ve çimento değişkenlerinin beton dayanımı üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymuştur. Sonuç olarak önerilen model, beton basınç dayanımının hızlı, doğru ve açıklanabilir biçimde tahmin edilmesi için etkili bir karar destek yaklaşımı sunmaktadır.

## KAYNAKÇA

[1] Liu G, Sun B. Concrete compressive strength prediction using an explainable boosting machine model. Case Stud Constr Mater 2023;18:e01845. https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2023.E01845.

[2] Elshaarawy MK, Alsaadawi MM, Hamed AK. Machine learning and interactive GUI for concrete compressive strength prediction. Sci Reports 2024 141 2024;14:16694-. https://doi.org/10.1038/s41598-024-66957-3.

[3] Philip S, Marakkath N. Compressive strength prediction and feature analysis for GGBS-Based geopolymer concrete using optimized XGBoost and SHAP: A comparative study of optimization algorithms and experimental validation. J Build Eng 2025;108:112879. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2025.112879.

[4] Cihan MT, Cihan P. Bayesian-Optimized Ensemble Models for Geopolymer Concrete Compressive Strength Prediction with Interpretability Analysis. Build 2025, Vol 15, Page 3667 2025;15:3667. https://doi.org/10.3390/BUILDINGS15203667.

[5] Yu Y, Al-Damad IMA, Foster S, Nezhad AA, Hajimohammadi A. Compressive strength prediction of fly ash/slag-based geopolymer concrete using EBA-optimised chemistry-informed interpretable deep learning model. Dev Built Environ 2025;23:100736. https://doi.org/10.1016/J.DIBE.2025.100736.

[6] Türkay Y, Alpsalaz F, Zaitsev I, Kuchansky V. Non-Destructive Classification of Concrete Moisture Levels Using Piezoelectric Contact Microphones and Impact-Based Acoustic Signals with a Hybrid Stacking Framework: A Controlled Experimental and Theoretical Study. NDT 2026, Vol 4, Page 19 2026;4:19. https://doi.org/10.3390/NDT4030019.

[7] Miao Q, Gao Z, Zhu K, Guo Z, Sun Q, Zhou L. Interpretable machine learning model for compressive strength prediction of self-compacting concrete with recycled concrete aggregates and SCMs. J Build Eng 2025;108:112965. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2025.112965.

[8] Dataset CS. Concrete Strength n.d. https://www.kaggle.com/datasets/prathamtripathi/regression-with-neural-networking (accessed July 15, 2026).

[9] Özüpak Y, Alpsalaz F, Aslan E, Uzel H. An interpretable multi-level stacking framework for photovoltaic power prediction and fault analysis. Energy 2026;360:141715. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2026.141715.

[10] Yurtkuran H, Demirtaş G, Alpsalaz F, Uzel H, Zaitsev I. A hybrid machine learning approach for reliably predicting surface roughness in CNC turning operations. Sci Reports 2026 161 2026;16:8930-. https://doi.org/10.1038/s41598-026-42719-1.

[11] Altun BE, Alpsalaz F, Uzel H, Türkay Y. Explainable DL Based Classification for Power Quality Disturbances in Renewable-Energy-Integrated Distribution Networks. IET Renew Power Gener 2026;20:e70269. https://doi.org/10.1049/RPG2.70269;

[12] Alpsalaz F, Özüpak Y, Aslan E, Uzel H. Hybrid Machine Learning Approach for Enhanced Fault Detection and Power Estimation in Photovoltaic Systems. IET Renew Power Gener 2026;20:e70153. https://doi.org/10.1049/RPG2.70153;

EU 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH, ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
September 3-8, 2026- Tiran
ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# YAPAY ZEKA KULLANIMI VE HEMŞİRELİK GELECEĞİNE ETKİSİ

**Prof. Dr. Asiye KARTAL**

Pamukkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Denizli

akartal@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7475-0013

**Beyza Nur TAŞDEMİR**

Pamukkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Denizli

beyzanurtasdemir8@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6352-1215

## ÖZET

Günümüzde yapay zeka kullanımının artması ve gelişmesiyle sağlık hizmetlerinde ve hemşirelik uygulamalarında önemli değişimler meydana gelmektedir. Sağlık hizmetlerinde elektronik sağlık kayıtlarının yönetimi, tıbbi görüntülerin analizi, erken uyarı sistemleri, tahmine dayalı modelleme, salgınların izlenmesi ve sağlık verilerinin değerlendirilmesi gibi birçok alanda yapay zekâ uygulamalarından yararlanılmaktadır. Halk sağlığı hemşireliği açısından değerlendirildiğinde yapay zeka; toplumların sağlık durumlarının izlenmesi, riskli bireylerin erken dönemde belirlenmesi, salgınların öngörülmesi, sağlık eğitimlerinin desteklenmesi ve toplumun gereksinimlerine yönelik hedeflenmiş müdahalelerin geliştirilmesine katkı sağlayabilmektedir. Ayrıca giyilebilir teknolojiler aracılığıyla elde edilen sağlık verilerinin değerlendirilmesi, bireylerin sürekli izlenmesine ve olası sağlık sorunlarına yönelik erken müdahalelerde bulunulmasına olanak sağlamaktadır. Yapay zekâ destekli sohbet robotları ve sanal asistanlar ise sağlık eğitimi, sağlıklı davranışların geliştirilmesi ve tedaviye uyumun desteklenmesi amacıyla kullanılabilmektedir. Bununla birlikte yapay zekânın hemşirelik alanında kullanımında hasta mahremiyeti, veri güvenliği, algoritmik yanlılık, hatalı karar verme, insana temasın azalması ve teknolojiye aşırı bağımlılık gibi önemli etik ve mesleki sorunlar bulunmaktadır. Bu sebeple yapay zekânın hemşirelerin yerini alan bir teknoloji olarak değil, hemşirelik bakımını destekleyen bir araç olarak ele alınması önemlidir. Hemşirelerin yapay zekâ okuryazarlığı, veri yorumlama ve etik farkındalık açısından geliştirilmesi ve eğitim programlarının bu doğrultuda güncellenmesi gerekmektedir. Gelecekte yapay zekâ teknolojilerinin hemşirelik bakımını daha veri odaklı, bireyselleştirilmiş ve teknoloji destekli bir yapıya dönüştürmesi beklenmektedir. Yapay zekanın etik, güvenli ve hasta merkezli şekilde kullanılması, bakım kalitesinin ve hasta güvenliğinin geliştirilmesine katkı sağlayabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay zeka, hemşirelik, halk sağlığı hemşireliği, sağlık hizmetleri

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

# THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS IMPACT ON THE FUTURE OF NURSING

## ABSTRACT

With the increasing use and development of artificial intelligence, significant changes have occurred in healthcare services and nursing practices. Artificial intelligence applications are utilized in many areas of healthcare, including the management of electronic health records, medical image analysis, early warning systems, predictive modeling, epidemic surveillance, and the evaluation of health data. From the perspective of public health nursing, artificial intelligence can contribute to monitoring the health status of populations, identifying individuals at risk at an early stage, predicting epidemics, supporting health education, and developing targeted interventions based on the needs of the community. In addition, the evaluation of health data obtained through wearable technologies enables continuous monitoring of individuals and early intervention for potential health problems. Artificial intelligence-supported chatbots and virtual assistants can also be used to support health education, promote healthy behaviors, and improve treatment adherence. However, the use of artificial intelligence in nursing involves important ethical and professional concerns, including patient privacy, data security, algorithmic bias, erroneous decision-making, reduced human interaction, and overreliance on technology. Therefore, it is important to consider artificial intelligence not as a technology that replaces nurses, but as a tool that supports nursing care. Nurses should be further developed in terms of artificial intelligence literacy, data interpretation, and ethical awareness, and educational programs should be updated accordingly. In the future, artificial intelligence technologies are expected to transform nursing care into a more data-driven, individualized, and technology-supported structure. The ethical, safe, and patient-centered use of artificial intelligence may contribute to improving the quality of care and patient safety.

**Keywords:** Artificial intelligence, nursing, public health nursing, healthcare services

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## GİRİŞ

Yapay zekâ, John McCarthy tarafından ilk kez "zeki makineler, özellikle de zeki bilgisayar programları geliştirme bilimi ve mühendisliği" şeklinde tanımlanmıştır (Ahuja, 2019). Yapay zekâ alanında çalışmalar yapan hemşire Fritz ve Dermody ise yapay zeka'yı, "bir insan gibi düşünerek zaman içerisinde insan davranışlarını değerlendirebilen ve bu davranışlara ilişkin karar verebilen rasyonel bir ajan işlevi gören bilgisayar algoritması" olarak ifade etmektedirler (Akalın ve Veranyurt, 2020).

Yapay zekâ hızla gelişmekte ve hem kişisel hem de profesyonel yaşamda insanların günlük hayatlarının birçok alanına nüfuz etmektedir (Lee, D. & Yoon, 2021). Yapay zekâ teknolojileri 1960'lı yıllardan itibaren finans, savunma sanayi, otomotiv, telekomünikasyon, denetim sistemleri ile bilgisayar ve video oyunları gibi pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. 1970'li yıllarda ise sağlık hizmetlerinde ilk yapay zekâ uygulamaları kullanılmaya başlanmış olmakla birlikte günümüzde sağlık hizmetlerinde yapay zeka kullanımı önemli bir konumdadır (Aşkar ve Kızılkaya, 2006).

Yapay zeka sağlık hizmetlerinde; elektronik sağlık kayıtlarının (EHR) optimize edilmesi, sanal hasta eğitimi, sağlık verilerinin coğrafi olarak kodlanması, sosyal medya analizi, salgın ve sendromik gözetim, tahmine dayalı modelleme, tıbbi görüntü analizi, mobil sağlıkla entegrasyon, hız, izleme ve analiz dahil olmak üzere birden fazla alanda kullanılmaktadır (Shaban-Nejad ve ark., 2018; Shang, 2021). Dünya Sağlık Örgütü, yapay zekâ ve dijital sağlığın sürdürülebilir sağlık gelişiminin sağlanmasında temel unsurlar olduğunu vurgulamaktadır. Akıllı sistemlerin toplum sağlığı ve birinci basamak sağlık hizmetleri altyapılarına entegre edilmesiyle sağlık hizmetleri daha dayanıklı, daha adil ve farklı nüfus gruplarının değişen ihtiyaçlarına daha duyarlı hâle gelebilmektedir (WHO,2021). Yağcıoğlu ve arkadaşları (2025), sağlık bilimleri alanındaki akademisyenlerin yapay zekâ uygulamaları kavramına aşina olduklarını, yapay zekâyı en sık çeviri amaçlı kullandıklarını, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ kullanımını büyük ölçüde desteklediklerini ve genel olarak yapay zekâya yönelik iyimser tutumlar sergilediklerini bildirmiştir. Özekinci ve Olcay Eminsoy (2025) ise akademisyenlerin beslenme ile ilişkili yapay zekâ kullanımını incelemiş ve katılımcıların günlük yaşamlarında yapay zekâyı kullandıklarını hem kadın hem de erkek akademisyenlerin beslenme durumunun değerlendirilmesinde yapay zekâdan yararlandıklarını, bu kullanıma yönelik olumlu tutumlara sahip olduklarını ve yapay zekâyı en sık sağlıklı beslenme hakkında bilgi edinmek amacıyla kullandıklarını belirlemiştir (Koştu & Arslan, 2026).

## YAPAY ZEKA VE HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ

Yapay zekâ (YZ), birçok farklı alanda olduğu gibi halk sağlığı hizmetlerinde de temel teknolojilerden biri hâline gelmiştir (James Lind Institute, 2023). Teknolojik gelişmelerin temel amacı mevcut sorunlara çözüm üretmek ve hizmet kalitesini artırmaktır. Sağlık alanında yaşanan hemşire yetersizliği, deneyim eksikliği, uzman personel ihtiyacı, yoğun dokümantasyon yükü, organizasyonel sorunlar ve bakım sürecinde yaşanan fiziksel yorgunluk gibi problemlerin çözümünde yapay zekâ teknolojilerinden yararlanılabileceği belirtilmektedir (Clipper ve ark., 2018; McBride ve ark., 2018; Stokes & Plamer, 2020). Yapay zekâ; makine

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

öğrenmesi (ML), derin öğrenme (DL), doğal dil işleme (NLP) ve bilgisayarlı görme (computer vision) gibi çok çeşitli hesaplama yaklaşımlarını kapsamaktadır. Bu teknolojiler, makinelerin büyük veri setlerini analiz etmesine, gizli örüntüleri belirlemesine ve geleneksel istatistiksel modellerin ötesine geçen içgörüler üretmesine olanak sağlamaktadır (LeCun ve ark., 2015).

## Yapay Zekanın Halk Sağlığı Hemşireliğinde Kullanım Alanları ve Yararları

**Amerikan Hemşireler Birliği (ANA),** yapay zekânın hemşirelik uygulamalarında uygun şekilde kullanılmasının mesleğin temel değerlerini ve etik yükümlülüklerini desteklediğine ve güçlendirdiğine inanmaktadır (ANA, 2022). Yapay zekâ, hemşirelik uygulamalarında bakım kalitesini artırma, iş yükünü azaltma, hasta güvenliğini güçlendirme ve klinik karar verme süreçlerini destekleme potansiyeline sahiptir. Hemşireler hasta bakımının sürekliliğinde, veri toplama ve klinik gözlemde merkezi bir role sahip olduğu için yapay zekâ destekli sistemler hemşirelik bakımını daha hızlı, kanıta dayalı ve hastaya özgü bireyselleştirilmiş hâle getirebilir. Hemşireleri doğru klinik tanı koyma, yaşam bulgularına anlık ulaşma, aynı anda birden fazla hastayı takip etme gibi konularda da yararları bulunmaktadır. Özellikle elektronik sağlık kayıtları, erken uyarı sistemleri gibi araçlar hemşirelik uygulamalarında giderek daha fazla kullanılmaktadır (El Arab et al., 2025; Hassanein et al., 2025).

Yapay zekâ sağlık çalışanlarının hastalık salgınlarını gerçek zamanlı olarak belirlemesine ve izlemesine yardımcı olabilir. Bu durum özellikle sağlık kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde önemlidir; çünkü bir salgının erken tespit edilmesi, hastalığın diğer bölgelere yayılmasını önlemeye katkı sağlayabilir. Yapay zekâ ayrıca sağlık profesyonellerinin hastalıkların altında yatan nedenleri daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir. Yapay zekâ algoritmaları, uzmanlar tarafından hemen fark edilemeyen örüntüleri ve risk faktörlerini belirleyebilir. Bu sayede hastalık mekanizmalarının daha iyi anlaşılması sağlanabilir ve daha etkili tedavi ile korunma stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunulabilir (James Lind Institute, 2023).

Örneğin, Nature dergisinde yayımlanan bir çalışmada, bir yapay zekâ algoritmasının meme kanserini insan radyologlardan daha yüksek doğrulukla teşhis ettiği, yanlış pozitif sonuçları %5,7 ve yanlış negatif sonuçları %9,4 oranında azalttığı bulunmuştur. Bir başka çalışmada ise, Journal of Medical Internet Research dergisinde yayımlanan araştırmada, yapay zekâ destekli bir sohbet robotunun yaygın çocukluk çağı hastalıklarını %97 doğrulukla teşhis edebildiği ve yüz yüze muayene gereksinimini azalttığı gösterilmiştir (James Lind Institute, 2023).

Yapay zekâ yöntemlerinden öngörücü analitik ile riskli bireylerin erken dönemde belirlenmesi; beslenme danışmanlığı, egzersiz programları ve tele-sağlık izlemine kadar uzanan zamanında müdahalelerin uygulanmasını desteklemekte, böylece hastaneye yeniden yatış oranlarını azaltmakta ve sağlık sonuçlarını iyileştirmektedir. Örneğin, yapay zekâ destekli platformlara bağlı giyilebilir cihazlar; kalp hızı, glikoz düzeyi veya uyku düzeni gibi fizyolojik verileri sürekli olarak toplayabilmektedir. Bu veriler algoritmalar tarafından işlenerek olası sağlık kötüleşmeleri konusunda toplum sağlığı hemşirelerini uyarabilmekte ve hastaneye yatış

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

gereksinimi ortaya çıkmadan önce erken müdahale edilmesine olanak sağlamaktadır (Esteva ve ark., 2019).

Toplum sağlığı yönetimi ile elektronik sağlık kayıtları (EHR'ler), sigorta talepleri, nüfus sayımı verileri ve çevresel sensörler gibi farklı kaynaklardan gelen verileri bir araya getirerek ve insan analistlerin fark edemeyebileceği altta yatan örüntüleri belirleyerek bu entegrasyonu kolaylaştırmaktadır. Örneğin, yapay zekâ destekli algoritmalar coğrafi ve sosyoekonomik değişkenleri analiz ederek konut koşullarının, kirlilik düzeylerinin veya gelir eşitsizliğinin bir toplumdaki hastalık prevalansını nasıl etkilediğini ortaya çıkarabilmektedir. Bu tür bilgiler, halk sağlığı uygulayıcılarının yüksek kirliliğe sahip mahallelerde astım önleme programlarına odaklanmak veya düşük bağışıklama oranlarına sahip bölgelere yönelik aşılama kampanyaları geliştirmek gibi hedeflenmiş müdahaleler tasarlamalarına olanak tanımaktadır (Johnson et al., 2021).

Sağlık eğitimi ve davranış değişimi yönetimi ile sohbet robotları (chatbotlar), sanal asistanlar ve konuşmaya dayalı yapay zekâ araçları günümüzde sağlık eğitimi sunmak, ruh sağlığını desteklemek ve sağlıklı davranış değişikliklerini teşvik etmek amacıyla kullanılmaktadır (Miner et al., 2020). Örneğin, Florence (DSÖ tarafından geliştirilen) veya Woebot gibi yapay zekâ tabanlı sohbet robotları, kullanıcıların ilaçlarını almalarını hatırlatmak, sağlıklı beslenme alışkanlıklarını benimsemelerini sağlamak veya düzenli egzersiz yapmalarını teşvik etmek amacıyla konuşmaya dayalı arayüzler kullanmaktadır. Bu sistemler, kullanıcıların duygusal durumlarını değerlendirmek için doğal dil işleme (NLP) ve duygu analizi tekniklerinden yararlanmakta ve motivasyonu ile güveni sürdürmek amacıyla iletişim biçimlerini buna göre uyarlamaktadır. Ayrıca dil çeviri algoritmaları ve uyarlanabilir öğrenme platformları, eğitim materyallerini farklı dil ve kültürler arasında erişilebilir hâle getirmektedir. Yapay zekâ destekli çeviri araçları, hemşirelerin farklı dilleri konuşan hastalarla etkili iletişim kurmasına yardımcı olurken, ses tanıma sistemleri engelli bireylere destek sağlayabilmekte ve böylece hiçbir nüfus grubunun önemli sağlık bilgilerinden mahrum kalmamasını sağlamaktadır (Kanmani et al., 2025).

Epidemiyolojik araştırmalar, kanıta dayalı halk sağlığı politikalarının temelini oluşturmaktadır. Yapay zekânın analitik gücü, karmaşık veri setlerinin işlenmesini ve yorumlanmasını hızlandırarak araştırmacıların ve politika yapıcıların uygulanabilir sonuçlara daha verimli bir şekilde ulaşmasını sağlamaktadır (Bengtsson et al., 2015). Örneğin, yapay zekâ tabanlı simülasyonlar; aşılama kapsamının, sanitasyon programlarının veya iklim değişikliklerinin hastalık dinamiklerini nasıl etkilediğini değerlendirebilmektedir. Bu tür modellemeler, politika yapıcıların etkili müdahaleler tasarlamalarına ve bu müdahalelerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini değerlendirmelerine yardımcı olmaktadır (Kanmani et al., 2025).

Ayrıca yapay zekâ, sağlık çalışanlarının kolayca fark edemeyeceği veri örüntülerini de ortaya çıkarabilir. Örneğin, randevularına gitmeme veya tedavi planlarına uyum göstermeme olasılığı yüksek hastalar belirlenebilir. Bu verilerin analiz edilmesiyle sağlık profesyonelleri erken müdahale ederek olumsuz sağlık sonuçlarını azaltabilir. Bunun yanında yapay zekâ, sosyal medya ve diğer çevrim içi veri kaynaklarını analiz ederek bulaşıcı hastalık salgınlarını tahmin etme ve bunlara yanıt verme konusunda da kullanılabilir. Bunun örnekleri arasında Brezilya'da Zika virüsünün yayılımının tahmin edilmesi ve Amerika Birleşik Devletleri ile

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

Güney Kore dâhil çeşitli ülkelerde COVID-19 salgınının izlenmesi yer almaktadır (James Lind Institute, 2023).

Bu teknolojinin sağlık sistemine sağlayacağı tasarrufun 2026 yılına kadar 150 milyar dolara ulaşabileceği öngörülmektedir. Bu tasarruflar klinik, finansal ve operasyonel maliyetleri kapsamaktadır. Yapay zekâ, tüm sağlık profesyonellerini etkileyecek dönüştürücü bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir (Bohr, 2020).

## Yapay Zekanın Kullanımında Etik Sorunlar, Tehditler ve Öneriler

Halk sağlığı hizmetlerinde yapay zekâ kullanımının sunduğu çok sayıda yararlara rağmen çözülmesi gereken önemli sorunlar ya da dezavantajları da bulunmaktadır. Bunların başında yapay zekâ sistemlerinde kullanılan algoritmaların doğruluğunun ve adilliğinin sağlanması gelmektedir. Hatalı veya önyargılı algoritmalar yanlış tanılara ve tedavi kararlarına yol açabilir; bu durum hastalara zarar verebilir ve sağlık sistemine olan güveni azaltabilir (James Lind Institute, 2023).

Doğruluk ve adaletin yanı sıra hasta mahremiyeti ve gizliliği de önemli bir konudur. Elektronik sağlık kayıtları ve diğer dijital sağlık teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla hasta verilerinin ihlal edilme riski artmaktadır. Bu nedenle sağlık kuruluşları, yetkisiz erişim ve veri sızıntılarını önlemek amacıyla güçlü veri güvenliği önlemleri uygulamalıdır. Şifreleme yöntemleri, gelişmiş güvenlik sistemleri ve sıkı erişim kontrolleri bu önlemler arasında yer almaktadır (James Lind Institute, 2023). Bir diğer önemli zorluk ise yapay zekâ kullanımının etik açıdan uygun olmasını sağlamaktır. Örneğin, bazı algoritmalar düşük gelirli bireyler veya dezavantajlı topluluklar üzerinde orantısız etkilere yol açabilir. Bu durum mevcut sağlık eşitsizliklerini derinleştirebilir ve kaliteli sağlık hizmetine eşit erişim hedefini zayıflatabilir. Bu sorunun çözümü için sağlık kuruluşlarının, algoritmaların eğitildiği verilerin toplumun tamamını temsil edecek şekilde çeşitli ve kapsayıcı olmasını sağlamaları gerekmektedir. Böylece algoritmalar daha doğru sonuçlar verebilir ve ayrımcı sonuçlar üretme olasılıkları azaltılabilir (James Lind Institute, 2023).

Bununla birlikte yapay zekânın hemşirelik alanında yaygınlaşması bazı etik ve mesleki tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Özellikle hasta mahremiyeti, veri güvenliği, algoritmik yanlılık, insana temasın azalması ve teknolojiye aşırı bağımlılık gibi konular önemli endişe alanları arasında gösterilmektedir. Ayrıca yapay zekâ sistemlerinin yanlış veri analizi sonucunda hatalı klinik kararlar oluşturabilme riski, hemşirelerin eleştirel düşünme becerilerinin önemini daha da artırmaktadır. Literatürde, yapay zekânın hemşirelerin yerini tamamen alamayacağı; ancak bakım süreçlerinde hemşirelere destek sağlayan yardımcı bir araç olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Char et al., 2018; Dunlap et al., 2024; Ahmed, 2024).

Bu sorunların çözüm yollarından biri, hastaların ve diğer paydaşların yapay zekâ sistemlerinin tasarım ve uygulama süreçlerine dâhil edilmesidir. Böylece sistemlerin hasta ihtiyaçları ve değerleri doğrultusunda geliştirilmesi ve adil biçimde kullanılması sağlanabilir. Ayrıca sağlık çalışanlarının yapay zekânın yararları, sınırlılıkları, etik boyutları ve gizlilik

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

konularında sürekli eğitim almaları önem taşımaktadır (James Lind Institute, 2023). Her hemşire, yapay zekânın kendi uygulama alanına nasıl entegre edildiğini değerlendirmeli ve bu teknolojinin hem bireysel hem de toplumsal sağlık sonuçlarına nasıl katkı sağlayabileceğinin veya zarar verebileceğinin farkında olmalıdır. Böylece yapay zekâ uygulamalarının etik, güvenli ve hasta merkezli biçimde kullanılması mümkün olacaktır (ANA, 2022). Toplum sağlığı hemşireleri ve halk sağlığı profesyonellerinin; dijital okuryazarlık, veri yorumlama ve etik yönetişim alanlarında yeni yeterlilikler kazanmaları gerekecektir. Bu nedenle eğitim kurumları ve sağlık kuruluşları, müfredatlarını ve eğitim programlarını bilişim, veri analitiği ve disiplinler arası iş birliğini içerecek şekilde güncellemelidir (McGonigle ve Mastrian, 2022).

**Yapay Zekanın Hemşirelik Eğitimi ve Geleceğine Etkisi**

Yapay zekâ uygulamaları yalnızca klinik bakım alanında değil, hemşirelik eğitimi sürecinde de önemli değişimlere neden olmaktadır. Sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve yapay zekâ destekli simülasyon teknolojileri sayesinde hemşirelik öğrencileri güvenli sanal ortamlarda klinik becerilerini geliştirebilmekte, karmaşık hasta senaryolarını deneyimleyebilmekte ve bireyselleştirilmiş öğrenme fırsatlarından yararlanabilmektedir. Yapay zekâ temelli eğitim sistemlerinin öğrencilerin klinik karar verme becerilerini geliştirdiği, öğrenme sürecini hızlandırdığı ve bilginin kalıcılığını artırdığı bildirilmektedir. Bu doğrultuda gelecekte hemşirelik eğitiminde yapay zekâ okuryazarlığının temel yeterlilik alanlarından biri haline geleceği öngörülmektedir (Johnson, 2024; Ma et al., 2024; El Arab, 2025).

Yapay zekânın sağlık hizmetlerinde yaygın olarak kullanılması, sağlık sisteminin tüm bileşenlerini etkileyecek önemli dönüşümlere yol açacaktır (Schork, 2019). Yapay zekâ teknolojilerinin mevcut sağlık sistemlerini geliştireceği, sağlık hizmet sunumuna yeni modeller kazandıracağı ve sağlık alanındaki yeniliklerin hızlanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Shang, 2021). Sağlık alanında yapay zekâ kullanımının; malpraktis oranlarının azaltılması, kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi, klinik bilgiye erişimin kolaylaştırılması, klinik karar destek sistemlerinin güçlendirilmesi, verimliliğin artırılması, hastanede yatış süresinin azaltılması ve maliyetlerin düşürülmesi gibi önemli yararlar sağlayabileceği belirtilmektedir (Sensmeier, 2017; Linnen ve ark., 2019).

Gelecekte yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte hemşirelik bakımının daha veri odaklı, kişiselleştirilmiş ve teknoloji destekli bir yapıya dönüşeceği düşünülmektedir. Özellikle büyük veri analizi, robotik bakım sistemleri, dijital sağlık uygulamaları ve yapay zekâ destekli karar mekanizmalarının yaygınlaşması, hemşirelerin rol ve sorumluluklarında önemli değişimlere neden olacaktır. Bu nedenle hemşirelerin teknolojik gelişmelere uyum sağlaması, yapay zekâ okuryazarlığı kazanması ve etik farkındalık geliştirmesi büyük önem taşımaktadır. Yapay zekânın doğru ve etik ilkeler doğrultusunda kullanılması durumunda hemşirelik bakım kalitesinin artırılmasına, hasta güvenliğinin güçlendirilmesine ve sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir (Sun et al., 2024; El Arab, 2025; Gómez-González et al., 2020).

ISBN NR. : 978-625-8795-46-2

## KAYNAKLAR

Ahuja, A. S. (2019). The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician. PeerJ, 7, e7702.

Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta dijitalleşme ve yapay zeka. SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi, 2(2), 128–137.

American Nurses Association. (2022). The ethical use of artificial intelligence in nursing practice (Position statement). American Nurses Association.

Aşkar, P., & Kızılkaya, G. (2006). Eğitim yazılımlarında eğitsel yardımcı kullanımı: Eğitsel ajan. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 31(31), 25–31.

Bengtsson, L., Gaudart, J., Lu, X., Moore, S., Wetter, E., Sallah, K., & Tatem, A. J. (2015). Using mobile phone data to predict infectious disease. PLoS ONE, 12(4), e1001808.

Bohr, A., & Memarzadeh, K. (2020). The rise of artificial intelligence in healthcare applications. In Artificial intelligence in healthcare. Academic Press.

Char, D. S., Shah, N. H., & Magnus, D. (2018). Implementing machine learning in health care—Addressing ethical challenges. The New England Journal of Medicine, 378(11), 981–983.

Clipper, B., Batcheller, J., Thomaz, A. L., & Rozga, A. (2018). Artificial intelligence and robotics: A nurse leader's primer. Nurse Leader, 16(6), 379–384.

Dunlap, P. A. B., Balestra, M. L., Barr, N., Cochran, C., Fletcher, K., Gray, M., & Kennedy, A. (2024). Advancing AI data ethics in nursing: Future directions for practice, education, and research. JMIR Nursing, 7, e62678.

El Arab, R. A., Aljawarneh, Y. M., Alkhawaldeh, A., Alomari, O., & Albashtawy, M. (2025). The role of AI in nursing education and practice: Umbrella review. Journal of Medical Internet Research, 27, e69881.

Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. Nature Medicine, 25(1), 24–29.

Gómez-González, E., Gomez, E., Márquez-Rivas, J., Parra, D., & Ramos, V. (2020). Artificial intelligence in medicine and healthcare: A review and classification of current and near-future applications and their ethical and social impact. Healthcare, 8(4), 1–24.

Hassanein, S., El Arab, R. A., Abdrbo, A., Abu-Mahfouz, M. S., Gaballah, M. K. F., Seweid, M. M., Almari, M., & Alzghoul, H. (2025). Artificial intelligence in nursing: An integrative review of clinical and operational impacts. Frontiers in Digital Health, 7, 1552372.

James Lind Institute. (2023, March 20). Use of artificial intelligence (AI) in public health. https://jliedu.ch/use-of-artificial-intelligence-ai-in-public-health/

Johnson, J. (2024). Nursing education, AI, and best practices. American Nurse Journal, 19(2), 14–18.

Johnson, K. E., Zhai, C., & Shaw, P. L. (2021). Geographic information systems in public health: A review of applications and future directions. Public Health Reviews, 42, 160174.

Kanmani, K., Nandini, S., & Bhavani, C. (2025). Integrating artificial intelligence (AI) into community nursing and public health: Strategies for evidence based practice and sustainable health development. International Journal of Advance Research in Community Health Nursing, 7(2), 82–90.

Koştu, N., & Arslan, S. (2026). The relationship between artificial intelligence literacy, eHealth literacy, and healthy lifestyles: A cross-sectional study with academic staff. Interactive Learning Environments.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436–444.

Lee, D., & Yoon, S. N. (2021). Application of artificial intelligence-based technologies in the healthcare industry: Opportunities and challenges. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(1), 271.

Linnen, D. T., Javed, P. S., & D'Alfonso, J. N. (2019). Ripe for disruption? Adopting nurse-led data science and artificial intelligence to predict and reduce hospital-acquired outcomes in the learning health system. Nursing Administration Quarterly, 43(3), 246–255.

Ma, Y., Song, Y., Balch, J. A., et al. (2024). Promoting AI competencies for medical students: A scoping review on frameworks, programs, and tools. JMIR Medical Education, 10, e57369.

McBride, S., Tietze, M., Robichaux, C., Stokes, L., & Weber, E. (2018). Identifying and addressing ethical issues with use of electronic health records. Online Journal of Issues in Nursing, 23(1).

McGonigle, D., & Mastrian, K. G. (2022). Nursing informatics and the foundation of knowledge (5th ed.). Jones & Bartlett Learning.

Miner, A. S., Milstein, A., & Hancock, J. T. (2020). Talking to machines about personal mental health problems. JAMA, 323(23), 2371–2372.

Schork, N. J. (2019). Artificial intelligence and personalized medicine. In Precision medicine in cancer therapy (pp. 265–283). Springer.

Sensmeier, J. (2017). Harnessing the power of artificial intelligence. Nursing Management, 48(11), 14–19.

Shaban-Nejad, A., Michalowski, M., & Buckeridge, D. L. (2018). Health intelligence: How artificial intelligence transforms population and personalized health.

Shang, Z. (2021). A concept analysis on the use of artificial intelligence in nursing. Cureus, 13(5).

Stokes, F., & Palmer, A. (2020). Artificial intelligence and robotics in nursing: Ethics of caring as a guide to dividing tasks between AI and humans. Nursing Philosophy, 21(4), e12306.

Sun, Q., Xie, J., Ye, N., Gu, Q., & Guo, S. (2024). Enhancing nursing and elderly care with large language models: An AI-driven framework. Healthcare Analytics, 6, 100327.

World Health Organization. (2021). Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200