



ISSN 2564-7377 (Online)



**GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Giresun University Institute of Natural Sciences**

**The Black Sea Journal of Sciences**

**KARADENİZ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ  
KARADENİZ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**

**Cilt 11 Sayı 1**

**2021**

**Volume 11 Issue 1**



**K F B D**

<http://www.dergipark.gov.tr/kfbd>



Cilt 11 Sayı 1  
Volume 11 Issue 1 2021

ISSN 2564-7377 (Online)



**KARADENİZ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**THE BLACK SEA JOURNAL OF SCIENCES**

**Giresun Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Giresun University**  
**Institute of Natural Sciences**

**Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi**  
**The Black Sea Journal of Sciences**

Cilt 11, Sayı 1, Haziran 2021  
Volume 11, Issue 1, June 2021

**ISSN: 2564-7377 (Online)**

## **Dergi Hakkında**

Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Karadeniz Fen Bilimleri dergisi 2010 yılından itibaren yılda iki kez yayınlanan hakemli ve akademik bir dergidir. Dergimizde mühendislik ve temel bilimler alanlarındaki bilimsel makaleler yayınlanır. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanan hakemli akademik bir dergidir. Gönderilecek eserlerde; alanında bir boşluğu dolduracak özgün bir araştırma makalesi olması şartı aranır. Dergimizde hakemlerin ve yazarların birbirlerine karşı kimliklerinin gizli tutulduğu çift taraflı kör hakem sistemi kullanılır. Yayın Kurulu, dergiye gönderilen eserlerin öncelikle yayın ilkeleri ile dergi kapsamı, bilimsel içerik ve şekil açısından inceler. Ön incelemeden geçen eserler değerlendirilmesi amacıyla en az 2 hakeme gönderilir. Eserin dergiye kabul edilebilmesi için 2 hakemden de olumlu değerlendirme alması gerekir. Gerektiği durumlarda 3. hakemden de değerlendirme sürecine katkı sağlaması istenebilir. Son karar editöre aittir. Yayınlanmak üzere gönderilen makaleler ayrıca intihal tespitinde kullanılan özel bir program aracılığıyla makalelerin daha önce yayınlanmamış olduğu ve intihal içermediği teyit edilir. Kabul edilen eserin yayınlanma süreci, eserin alındığı tarihten itibaren 2-6 ay sürmektedir. Dergiye makale gönderimi ücretsizdir. Yayına kabul edilen makaleden de hiç bir ücret talep edilmez. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi açık erişim politikasını benimsemiş bir dergidir.

## **About The Journal**

The Black Sea Journal of Sciences is an international peer reviewed journal published by Giresun University's Institute of Science and Technology. The Black Sea Journal of Sciences peer-reviewed academic journal that has been biannually published since 2010. Our journal publish papers within engineering and the basic sciences. The Black Sea Journal of Sciences is a peer-reviewed academic journal that is published biannually in June and December. Prospective papers are expected to fill a gap in their respective field through innovative research. Our journal employs a bilateral blind review system in which the personal identities of the reviewers and authors are kept confidentially from one another, and whereby the parties involved are expected not to reveal themselves. The publishing team first examines (the) prospective papers in accordance with the criteria of the journal's scope, as well as for scientific content and format. After the pre-review step, the papers are forwarded to at least two reviewers for evaluation. In order for a paper to be accepted, it must receive positive evaluations from both reviewers. Papers can be requested to be reviewed again if needed and evaluation of a third reviewer should necessity warrant it. The final decision is made by the editor. Papers that are to be submitted for publishing are first controlled using special detection software in order to verify that they have not been previously published elsewhere, as well as to ensure that they do not include any plagiarized content. Publishing takes between 2 to 6 months from the acceptance date. The publishing or evaluation of manuscripts are free of charge. The Black Sea Journal of Sciences has an open access policy.

## Sahibi / Owner

Prof. Dr. Yılmaz CAN

Giresun Üniversitesi Adına (Rektör)

## Baş Editör / Editor in Chief

Doç. Dr. Bahadır KOZ  
Giresun Üniversitesi (Enstitü Müdürü)

## Yardımcı Editörler / Assistant Editors

Doç. Dr. Selin KALKAN  
Giresun Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin HACIOĞLU  
Giresun Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ  
Giresun Üniversitesi

## Uluslararası Editörler / Regional Editors

Ricardo Perez Enriquez  
Kuzeybatı Biyolojik Araştırma Merkezi, Meksika  
Dr. Salar ALİ  
Baltistan Skardu University, Pakistan  
Dr. Stephan KOVALYSHYN  
Lviv National Agrarian University, Ukraine  
Dr. Anca Nicoleta SUTAN  
Pitesti University, Romania  
Dr. Muhammad Fahad Sardar  
Ziraat Bilimleri Akademisi, Çin  
Dr. Shinji UEHARA  
National Research Inst. of Fisheries Sci., Japan

## Alan Editörleri / Field Editors

Doç. Dr. Bahadır KOZ  
Doç. Dr. Seydahmet ÇAY  
Doç. Dr. Mehmet Soner ENGİN  
Doç. Dr. Onur Özdal MENGİ  
Doç. Dr. Fulya AYDIN TEMEL  
Doç. Dr. Selin KALKAN  
Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ  
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin HACIOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Serdar SOYLU  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇELİK  
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ATASOY  
Dr. Öğr. Üyesi Serdal KAYA  
Dr. Öğr. Üyesi Volkan BAŞER  
Dr. Öğr. Üyesi Murat GÜL  
Dr. Öğr. Üyesi Zeliha ÇOLAK TOKA

## Mizanpaj Editörleri / Manuscript Editors

Doç. Dr. Arzu AYDIN UNCUMUSAOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ

## Yazışma Adresi / Correspondence Address

Giresun Üniversitesi Fen Bilimlerle Enstitüsü  
Güre Yerleşkesi 28200 / Giresun  
Tel: 0 (454) 310 10 87  
E-mail: [kfbd@giresun.edu.tr](mailto:kfbd@giresun.edu.tr)  
Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kfbd>

## Dil Editörleri / Language Editors

Öğr. Gör. Öznur GÜLER  
Öğr. Gör. Yasin BİÇER

## İstatistik Editörleri / Statistical Editors

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU  
Doç. Dr. Eren BAŞ

## Editör Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE  
Prof. Dr. Birol ERTUĞRAL  
Prof. Dr. Birsen Şengül OKSAL  
Prof. Dr. Temel ÖZTÜRK  
Prof. Dr. Elif Neyran SOYLU  
Prof. Dr. Cengiz MUTLU  
Prof. Dr. Hakan BEKTAŞ  
Prof. Dr. Saim TOPÇU  
Doç. Dr. Hasan Hüseyin AKSU  
Prof. Dr. Hakan ADATEPE  
Prof. Dr. İmdat İŞCAN  
Doç. Dr. Mustafa Recep KAÇAL  
Doç. Dr. Murat YOLCU  
Dr. Öğr. Üyesi Şerif Ali DEĞİRMENÇAY  
Dr. Öğr. Üyesi Zuhul YOLCU

## Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN (Giresun Üniversitesi)  
Prof. Dr. Baki HAZER (Bülent Ecevit Üniversitesi)  
Prof. Dr. Telhat ÖZDOĞAN (Amasya Üniversitesi)  
Prof. Dr. Hümeysra BATI (Ondokuzmayıs Üniversitesi)  
Prof. Dr. Metin H. ACAR (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Zeki AYTAÇ (Gazi Üniversitesi)  
Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Yusuf AYYAZ (Yıldız Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Dursun SARAYDIN (Cumhuriyet Üniversitesi)  
Prof. Dr. Emin KASAP (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)  
Prof. Dr. Okan Zafer YEŞİLEL (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)  
Prof. Dr. Mithat KAYA (Marmara Üniversitesi)  
Prof. Dr. Mustafa KURT (Ahi Evran Üniversitesi)  
Prof. Dr. Nazmi POLAT (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)  
Prof. Dr. Nezihe ÇALIŞKAN (Gazi Üniversitesi)  
Prof. Dr. Veysel Turan YILMAZ (Uludağ Üniversitesi)  
Prof. Dr. Halil İbrahim OKUMUŞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

## Yazı İşleri Müdürü / Editorial Manager

Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ

## Grafik-Tasarım / Graphic-Design

Dr. Öğr. Üyesi Erkan GÜLER

## Redaksiyon / Redaction

Dr. Öğr. Üyesi Fikret USLUCAN

Bu dergi, aşağıda listelenen veri tabanları tarafından taranmaktadır / This journal is indexed by the following abstracting and indexing databases.

Tr Dizin, BASE, idealonline, Google Scholar, Index Copernicus, InfoBase Index, ResearchBib, SIS (Scientific Indexing Services), Akademik Dizin, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ) .

## İçindekiler/Contents

| <b>Araştırma Makaleleri / Research Articles</b>   | <b>Sayfa/Page</b> |
|---|-------------------|
| <b>Vasküler Görüntüleyici Sistem</b><br>Vascular Viewer System<br><b>Turgut GÖKBULUT, Burak ÜNAL, Burhan KAZI, Onur Özdal MENGİ</b>   | <b>1-17</b>       |
| <b>Effects of Juglone on the Antioxidant Metabolism in the Larval Hemolymph of the Greater Wax Moth <i>Galleria mellonella</i> L. (Lepidoptera: Pyralidae)</b><br>Juglonun Büyük Balmumu Güvesi <i>Galleria mellonella</i> L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Larval Hemolenfinde Antioksidan Metabolizma Üzerine Etkileri<br><b>Emine DUMAN ERBAŞ, Hülya ALTUNTAŞ</b>         | <b>18-28</b>      |
| <b>Bafa Gölü (Aydın)'ndeki Gümüş Balığı (<i>Atherina boyeri</i>) Popülasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi</b><br>Length-Weight Relationship of the Sand Smelt ( <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810) Population Distributed in Lake Bafa (Aydın)<br><b>Öykü OFLUOĞLU, İrmak KURTUL, Hasan SARI, Ali İLHAN</b>   | <b>29-40</b>      |
| <b>Connectivity is Vitrally Important in a Fragmented Forest Ecosystem to Sustain Biodiversity: An Analysis for Rize</b><br>Parçalanmış Bir Orman Ekosisteminde Biyoçeşitliliği Desteklemek İçin Bağlantılılık Yaşamsal Bir Öneme Sahiptir: Rize İçin Bir Analiz<br><b>Huriye Simten SÜTÜNÇ, Ömer Lütfü ÇORBACI</b>   | <b>41-60</b>      |
| <b>External Morphology and Female Genitalia of <i>Ethmia candidella</i> (Lepidoptera: Ethmiidae) Recorded for the First Time from Erzurum (Turkey)</b><br>Erzurum (Turkey)'dan İlk Kez Kaydedilen <i>Ethmia candidella</i> (Lepidoptera: Ethmiidae)'nın Dış Morfolojisi ve Dişi Genitalyası<br><b>Muhammed TATAR, Göksel TOZLU, Erol ATAY</b>                               | <b>61-69</b>      |
| <b>Feasibility Study and Techno-Economic Analysis of Stand-Alone Hybrid Energy System for Muğla Province Köyceğiz</b><br>Muğla İli Köyceğiz İlçesinin Elektrik İhtiyacının Hibrit Enerji Sistemleri İle Karşlanması ve Teknoekonomik Açından İncelenmesi<br><b>Aykut Fatih GÜVEN, Emre POYRAZ</b>   | <b>70-85</b>      |
| <b>Biyomedikal ve Tıbbi Atıkların Yönetimine Dair Mevzuatın Uygulanmasının Araştırılması</b><br>Investigation of the Application of the Legislation on the Management of Biomedical and Medical Wastes<br><b>Muhammed Kamil ÖDEN</b>  | <b>86-103</b>     |
| <b>Rheum ribes Özülerinin Antioksidan ve Antibakteriyel Aktiviteleri</b><br>Antibacterial and Antioxidant Activities of <i>Rheum ribes</i> extracts<br><b>Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI, Filiz UÇAN TÜRKMEN, Mustafa GÜNEŞ, Pemra BAKIRHAN</b>  | <b>104-117</b>    |
| <b>Nevşehir İlinde Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Covid-19 Salgını Başlangıç Döneminde Değerlendirilmesi</b><br>Evaluation of Greenhouse Gas Emissions from Highway Transport in Nevşehir Province in the Beginning Period of the Covid-19 Pandemic<br><b>İHüseyin CÜCE, Oğuzhan UĞUR</b>  | <b>118-134</b>    |
| <b>Analyses of Polyethylene Glycol (Mono- and Di- Methyl) Ether Adsorbed on CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 Synthetic Zeolites by Infrared and Raman Spectroscopies</b><br>CaA, NaX, NaY ve ZSM-5 Sentetik Zeolitleri Üzerine Adsorbe Edilen Polietilen Glikol (Mono- ve Di- Metil) Eterin Kırmızıaltı ve Raman Spektroskopileri ile Analizi<br><b>Nuri ÖZTÜRK, Semiha BAHÇELİ</b> | <b>135-143</b>    |
| <b>Doğal Adsorbent Kullanarak Sulardan Maxilon Golden Yellow'un Renk Gideriminde Ortam Koşullarının İncelenmesi</b><br>Examination of Ambient Conditions of Maxilon Golden Yellow for Color Removal From Waters by Using Natural Adsorbent<br><b>Ezgi GÜNEŞ GÜRDAL, Erkan KALIPCI</b>   | <b>144-160</b>    |

|   |         |
|---|---------|
| <p><b>First Record of <i>Oxynoemacheilus angorae</i> (Steindachner, 1897) from Perşembe Plateau Meandering Streams in the Ordu-Turkey</b><br/> <i>Oxynoemacheilus angorae</i> (Steindachner, 1897) Türünün Perşembe Yaylası Menderesleri Ordu-Türkiye'den İlk Kaydı<br/> <b>Serdar YEDIER, Derya BOSTANCI, Nazmi POLAT</b></p>  | 161-167 |
| <p><b>Gayrimenkul Davalarının Mesleki ve Teknik Bilgiyle Etkin Yönetimi İçin Ulusal Yargı Ağı İle Bütünleşik Bir Arazi Yönetimi Veri Modeli Geliştirilmesi</b><br/> Developing an Integrated Land Management Data Model with the National Judiciary Network for Effective Management of Real Estate Cases with Professional and Technical Knowledge<br/> <b>Yakup Emre ÇORUHLU, Tugay TOLUDAN, Volkan BAŞER, Okan YILDIZ, Bayram UZUN</b></p> | 168-199 |
| <p><b>Bartın Halatçıyaması Mevki Engelsiz Parkı Peyzaj Tasarım Projesi</b><br/> The Landscape Design Project of Bartın Halatçıyaması Barrier Free Park<br/> <b>Asım ASLAN, Nurhan KOÇAN</b></p>   | 200-213 |
| <p><b>Dielectric Properties of Graded and Non-Graded InGaN/GaN MQWs</b><br/> Dereceli ve derecesiz InGaN/GaN MQW'lerin dielektrik özellikleri<br/> <b>Ahmet Kursat BILGİLİ, Mustafa OZTURK, Süleyman ÖZÇELİK, Adem TATAROGLU</b></p>  | 214-221 |
| <p><b>Güneş Pilleri Uygulamalarında Kullanılan Organik Tabanlı Schottky Diyotlarında İyonize Radyasyonun Aygıt Parametrelerine Etkisi</b><br/> The Effect of Ionizing Radiation on Device Parameters In Organic Based Schottky Diodes Used in Solar Cell Applications<br/> <b>Serdar KARADENİZ, Behzad BARIŞ, Hande KARADENİZ, Sema BİLGE OCAK, Akil Birkan SELÇUK</b></p>  | 222-238 |
| <p><b>Sakarya Nehir Sedimentinden İzole Edilen Aktinobakterilerin Antimikrobiyal ve Bitki Gelişim Teşvik Edici Özelliklerinin Belirlenmesi</b><br/> Determination of Antimicrobial and Plant Growth Promoting Properties of Actinobacteria Isolated from Sakarya River Sediment<br/> <b>Uğur ÇİĞDEM, Ayten KUMAŞ, Fadime ÖZDEMİR KOÇAK</b></p>  | 239-256 |
| <p><b>Sıfır Atık Kapsamında Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Geri Kazanımı: Halkın Bu Konudaki Tutumu</b><br/> Recovery of Waste Electrical and Electronic Equipment within the Scope of Zero Waste: The Attitude of the People on This Issue<br/> <b>Esra AY SARIYAR, Sevde USTUN ODABASI, Hanife BÜYÜKGÜNGÖR</b></p>   | 257-276 |
| <p><b>Fırtına Deresi Alt Havzası Akım Verilerine Dayalı 1965-2015 Yılları Arası Nemli ve Kurak Dönemlerin Analizi</b><br/> Analysis of Wet and Drought Periods based on Streamflow Data in the Fırtına Creek Sub-basin between 1965-2015 years<br/> <b>Evren TURHAN, Serin DEĞERLİ</b></p>  | 277-288 |
| <p><b>Büyükbaş Hayvan Atıkları ile Meyve Sebze Atıklarının Kompostlaştırılması Üzerine Nem İçeriğinin Etkisi</b><br/> Effect of Moisture Content on the Composting Process of Cattle Manure and Fresh Food Waste<br/> <b>Yasemin BAYINDIR, Nurdan Gamze TURAN</b></p>   | 289-296 |
| <p><b>Investigation Of Some Optical And Electrical Properties Of InSe Thin Film, a Window Layer for Photovoltaic Cell Growth on Glass/GaSe Substrate by M-CBD Method</b><br/> Fotovoltaik Hücrelerde Pencere Tabakası Olarak Kullanılan InSe İnce Filminin Cam/GaSe Alt Tabanı Üzerine M-CBD Yöntemiyle Büyütülmesi ve Bazı Optiksel ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi<br/> <b>Fatih ÜNAL</b></p>                                     | 297-306 |
| <p><b>Mikroenkapsüle ve Serbest Probiyotik Kültür İlavesiyle Fonksiyonel Keçiboynuzu Pekmezi Üretimi</b><br/> The Production of Functional Carob Molasses with the Addition of Microencapsulated and Free Probiotic Culture<br/> <b>Emel ÜNAL TURHAN</b></p>  | 307-317 |
| <p><b>Types of Paeonia and Their Use in Phytotherapy</b><br/> Paeonia Türleri ve Fitoterapide Kullanımı<br/> <b>Gülbahar DEMİRBOĞA, Yasin DEMİRBOĞA, Nusret ÖZBAY</b></p>   | 318-327 |
|   |         |

## Vasküler Görüntüleyici Sistem

Turgut GÖKBULUT<sup>1</sup>, Burak ÜNAL<sup>2</sup>, Burhan KAZI<sup>3</sup>, Onur Özdal MENGİ<sup>4\*</sup>

### Öz

Günümüzde hızla gelişen kızılötesi görüntüleme teknolojisi tıp dünyasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobin kızılötesi ışınları emebilmektedir. Bu sayede damarlar diğer dokulara göre daha koyu ve belirgin bir şekilde görünür. Damar görüntüsü elde etmek için kullanılan cihazlar oldukça pahalıdır. Bunun sebebi bu cihazlarda yüksek hassasiyette ve yoğunlukta kızılötesi görüntü alan CCD sensörlü kameraların kullanılmasıdır. Bu sebeple maliyeti düşürmek için çok pahalı CCD sensör yerine fiyatı çok daha uygun olan CMOS sensörlü kızılötesi kameralar kullanılabilir. Ancak CMOS sensörü kullanan kameralardan elde edilen görüntü CCD sensörü kullanan kameralardan elde edilen görüntü kadar iyi değildir. Bu sebeple daha iyi görüntü elde etmek için gelişmiş görüntü işleme tekniklerine ihtiyaç vardır. 850nm kızılötesi ışık, CMOS sensörlü kamera ve 850nm dalga boyuna sahip bant geçiren filtre kullanılarak cildin 3mm derinliğindeki damar görüntüsü elde edilir. Elde edilen görüntü Raspberry Pi mikroişlemcisi kullanılarak OpenCV açık kaynak kodlu kütüphanesi yardımıyla Python dilinde sırasıyla; gri seviyeye dönüştürme, el maskesi için binari metot, damar maskeleyme için ise medyan filtre ve canny metot kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen görüntüyü iyileştirmek için çeşitli morfolojik işlemler (aşındırma ve genişletme) kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CMOS, Python, Raspberry Pi, Medyan filtre, Canny, Binari.

## Vascular Viewer System

### Abstract

Rapidly developing infrared imaging technology is used extensively in the medical world. The hemoglobin contained in the red blood cells in the blood can absorb infrared rays. In this way, the vessels appear darker and more pronounced than other tissues. The devices used to obtain a vascular image are quite expensive. The reason for this is the use of CCD sensor cameras with high sensitivity and intensity infrared images in these devices. For this reason, in order to reduce the cost, infrared cameras with CMOS sensors, which are much more affordable, can be used instead of the very expensive CCD sensor. However, the image obtained from cameras using CMOS sensors is not as good as the image obtained from cameras using CCD sensors. Therefore, advanced image processing techniques are needed to obtain better images. Using the 850nm infrared light, a camera with CMOS sensor and a bandpass filter with 850nm wavelength, a 3mm deep vein image of the skin is obtained. The obtained image is in Python language, respectively, with the help of OpenCV open source library using Raspberry Pi microprocessor; conversion to gray level, binary method for hand mask, median filter and canny method are used for vein masking. In addition, various morphological processes (erode and dilated) were used to improve the image obtained.

**Keywords:** CMOS, Python, Raspberry Pi, Median filter, Canny, Binary.

<sup>1</sup>Giresun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Giresun, Türkiye, turgutgok93@gmail.com

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, unallburak@gmail.com

<sup>3</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, brhnkazi52@gmail.com

<sup>4</sup>Giresun Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, onur.ozdal.mengi@giresun.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4928-2785>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3807-2873>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-3221-5914>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-5669-0766>

## 1. Giriş

Sağlık hizmetinin verildiği kurumlarda damar yolunun açılması bazı özel durumlu hastalar açısından sorun teşkil etmektedir. Özellikle yaşlılar, çocuklar, şişman insanlar, ağır yanık vakaları ve koyu tenli kişiler bu gruba dahildir. Damar yolunun doğru bir şekilde bulunamaması, tekrar tekrar yol aranması sonucunda maliyet, zaman kaybı, hasta ve sağlık görevlisinin fiziksel ve ruhsal yükünün artması vb. sorunlar meydana gelmektedir. Bir damar yolu açma ve kan alma işleminin zorluk derecesi yağ dokusu miktarına, damar derinliğine, deri pigmentasyonuna ve kan hacmi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle çıplak gözle damarları bulmak oldukça zor olabilmektedir. Özellikle küçük çocuklarda ve bebeklerde damar yolu açma ve kan alma işlemi çok daha zordur. Bunun nedeni ise damarların çapının küçük olması ve üzerinin yağ dokusuyla kaplı olmasıdır (Delaune & Ladner, 1997).

Bu projede damar yolu açma ve kan alma işleminin hasta açısından daha az acılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amaçlanmaktadır. Bu nedenle damarları gösteren bir kamera bu işleri çok daha kolaylaştıracaktır. Ülkemizdeki sağlık kuruluşları bu tip cihazları yüksek maliyetleri sebebiyle tercih etmemektedir. Bu sebeple çok pahalı olan CCD sensörlü kameralar yerine çok daha ucuz olan ve daha az güç tüketen CMOS sensörlü kameraların kullanılmasıyla cihazın maliyetinin düşürülmesi istenmektedir (Fossum, 2014). Tasarlanan damar görüntüleme cihazında öncelikli olarak hastanın ve sağlık görevlisinin fiziksel ve ruhsal yükü azaltılmaya çalışılmıştır. İstenirse kişinin damar yolunun görüntüsü alınarak Raspberry Pi mikrobilgisayarının depolama özelliği kullanılıp ülke çapında bir veri bankası oluşturulabilir.

Mishra ve ark. çalışmasında yakın kızılötesi tekniğini kullanarak biyometrik güvenlik uygulamalarında avuç içi damarlarını tespit etmek için avuç içi damar tanıma üzerinde çalışmışlardır (Mishra ve ark, 2019). Biyometrik sistemler, otomatik olarak test edilebilen hesaplanabilir fiziksel veya davranışsal özelliklere dayanan kimlik doğrulama yöntemleridir. Yaygın olarak kullanılan metinsel şifreler hassas verilerin kaybına yol açabilecek saldırılara maruz kalır. Bu nedenle biyometri, bir kullanıcının kimliğini doğrulamak için alternatif bir teknik olarak kullanılabilir. Bu çalışmadaki amaç, bir kişiyi elin damar yapıları ile tanımlayabilen bir yazılım prototipi üretmektir. Özellik çıkarma için LDR ve DCT kullanılmıştır ve eşleştirme skoru oluşturmak için Öklid Uzaklığı hesaplamasından yararlanılmıştır.

Mansoor ve ark. bu çalışmasında yakın kızılötesi görüntüleme tekniğine dayalı bir ven algılama sistemi geliştirmişlerdir (Mansoor ve ark, 2013). Damar tespiti günümüzde araştırılan en son biyomedikal tekniklerden biridir. Kızılötesi tekniğe dayanan çok az sayıda cihaz bulunduğu için bu tür tıbbi cihazların geliştirilmesine çok ihtiyaç vardır. Bugün doktorların karşılaştığı en büyük sorun, ven içi ilaç iletimi için damarlara erişimdeki güçlüktür. Damar görüntüsünü yakalamak için



özelleştirilmiş bir web kamerası ve görüntüyü işlemek için ise “Bilgisayarlı Görü” yöntemleri kullanılmıştır.

Hien çalışmasında hastanın cildindeki venöz görüntüyü gerçek zamanlı olarak yakalamak ve gözlemlenebilir hale getirmek için noninvaziv kızılötesi teknolojisini kullanmıştır (Tran & Pham, 2020). Bu sistem tarafından yürütülen prosedürde, cilt 850 nm 12 W 6 adet led dizisinden iletilen yakın kızılötesi (NIR-Near Infrared) ışığa maruz bırakılmıştır. Bunu takiben, NoIR kamera modülü, NIR aydınlatmalı cilt alanını yakalamak için bir görüntü elde etme ekipmanı olarak kullanılmıştır. Daha sonra, monitörde görüntümeden önce filtreleme ve işleme tekniğini gerçekleştirmek için ham veriler bilgisayara aktarılmıştır. Çıktı, ven görüntüsünün hastanın eline geri yansıtılması için bir pico-projektöre (Texas Instrument Inc.) aktarılmıştır.

Sontakke ve ark. bu çalışmasında el-damar desenlerini kullanarak doğrulama işlemi gerçekleştiren bir cihaz tasarlamışlardır (Sontakke ve ark, 2018). El-damar deseni, kişisel doğrulama için kullanılabilen insanın biyometrik imzalarından biridir. El ve damar desenleri kullanan bir doğrulama işleminin ilk görevi, deseni bir kızılötesi kamera yardımıyla alınan el damar görüntüsünden çıkarmaktır. Bu çalışmada, ROI ekstraksiyon yöntemi, el bölgesi segmentasyonu, sınır izleme, referans noktası belirleme, özellik nokta seçimi yöntemleri kullanılarak sonuca ulaşılmıştır.

Zhang ve ark. bu çalışmasında gerçek zamanlı çevrimiçi bir multispektral avuç içi baskı sistemi sunmaktadırlar. (Zhang ve ark, 2010). Kızılötesi ışık kaynakları altında alınan kırmızı, yeşil ve mavi kanal görüntülerin depolanması için veri toplama cihazı tasarlanmıştır. Daha sonra depolanan her bir görüntünün karşılaştırılması için büyük bir multispektral avuç içi baskı veritabanı oluşturulmuştur. Deney sonuçlarında kırmızı kanalın en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Bu deneyde güvenlik sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanan cihazların hangi renk seviyesinde daha yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür.

Wang ve Leedham bu çalışmasında elin arkasındaki damar desenini kullanan yeni bir kişisel doğrulama sistemi üzerinde çalışmışlardır (Wang ve Leedham, 2005). Yüz, parmak izi ve iris görüntüleri gibi birçok biyometri, son yıllarda kişisel doğrulama amacıyla kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bununla birlikte, damar görüntüsü kullanılarak yapılan doğrulama diğer yöntemlere göre daha az gelişmiştir. Bu sistem beş ayrı adımdan oluşur: Veri Toplama, Görüntü Geliştirme, Damar Deseni Segmentasyonu, İskeletleme ve Eşleştirme. Önceden seçilmiş bir özellik setine dayalı karşılaştırmalar yapan çoğu biyometrik sistemin aksine bu sistem, Line-Segment Hausdorff Mesafesini ölçerek damar modelinin şekillerini doğrudan tanımaktadır.

Tasarlanan bu sistemde en önemli araçlardan biriside görüntünün işlenmesine olanak sağlayan ve mikrobilgisayara kolaylıkla kurulumu yapılabilen açık kaynak kodlu OpenCV programıdır. Bu program görüntü üzerinde gri seviye indirilmesi, medyan filtrelemesi, görüntü üzerindeki

gürültülerin giderilmesi gibi çeşitli işlemler yaparak daha belirgin bir damar yolu görüntüsünün alınmasına olanak sağlamaktadır. Program aynı zamanda yüz tanıma, şerit tespiti, araç takip gibi günümüzde sıkça kullanılan tasarımların en önemli parçalarından biridir (Erişti, 2010).

Damar cerrahisinde yapay zekanın kullanımı ile birlikte uygun hastanın belirlenmesi ve gerekli cerrahi işlemlerin yapılmasını amaçlayan bu çalışma ile vasküler hastalar yapay zeka algoritmaları taranmış ve uygun olan hastalara gerekli müdahaleler yapılmıştır. Burada vasküler riskler ortaya çıkarılarak uygun hastaların belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan yöntem 35392 hastada denenmiştir (Sebastien ve ark. 2020).

Corona virüsü nedeniyle ortaya çıkan salgın nedeniyle bu hastalığa yakalanan insanlarda damarların içeri çekildiği ve bu nedenle damar yolu açma problemi olduğu gözlemlenmektedir. Bu eser kan damar sistemi cerrahisinde korona virüs etkilerini incelemektedir. İstatistiksel inceleme yapılarak farklı risk gruplarındaki sonuçlar kıyaslanmıştır (Bath ve ark., 2021).

Vasküler cerrahide arttırılmış sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak başa takılan gözlükler ile cerrahi işlemlerin gerçekleştirilmesi, sanal eğitimler ve diğer uygulamalar tartışılmıştır (Lareyre ve ark., 2021).

Makale toplam dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde kullanılan materyal ve yöntem ayrıntılı bir şekilde alt başlıkları ile birlikte tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde elde edilen sonuçlar anlatılmış ve son bölümde elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

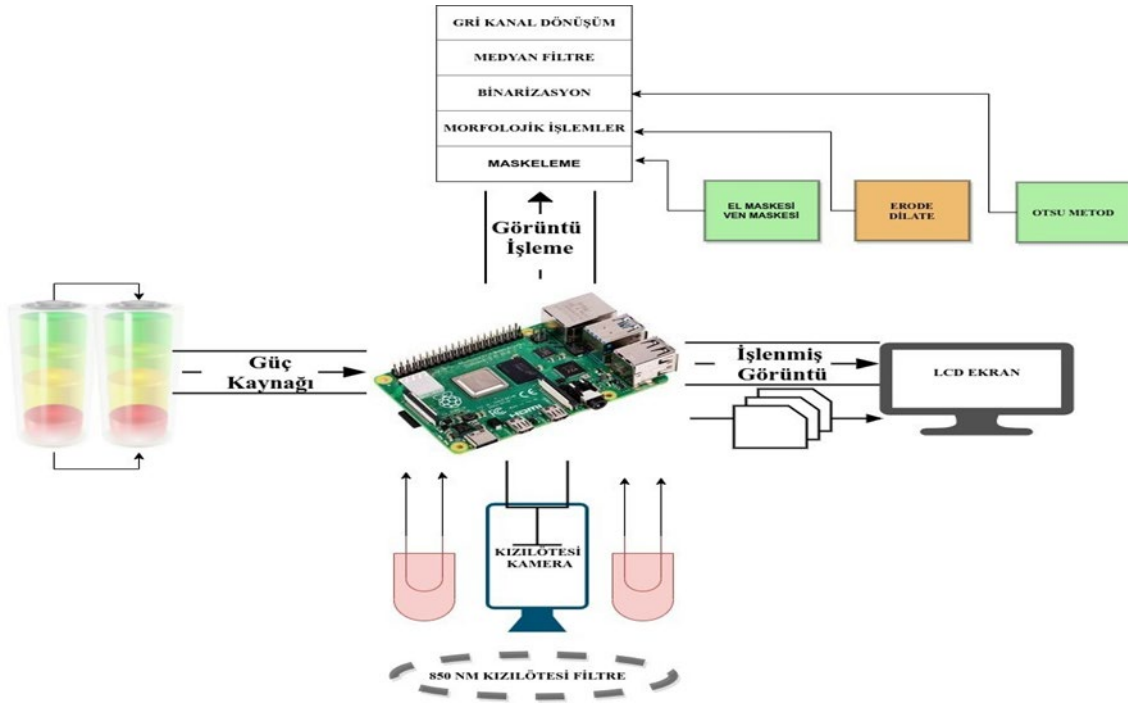
## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Deneysel Sistem**

Bu sistem Raspberry Pi 4 mikrobilgisayarı üzerine inşa edilmiştir. Kızılötesi kamera ise yüksek hassasiyette ve yüksek hızda video desteği sunan 8 megapiksel çözünürlüğe sahip IMX219PQ sensörlü bir modüldür. Otomatik beyaz dengesi, pozlama telafisi kontrolü ve ortam ışığı algılama gibi özellikleri de bulunmaktadır. Kızılötesi kamera IR (kızılötesi) filtre barındırmamaktadır. Kızılötesi led modülünün üzerinde ise 6 adet 850Nm güç ledi bulunmaktadır. LED'lerin her biri 1.3-1.5V gerilim 0.35A akımla çalışmaktadır. 850Nm dalga boyuna sahip ledler genellikle gece görüş kameralarında kullanılmaktadır. Kullanılan kızılötesi filtre 850Nm dalga boyundaki ışığı geçirmek üzere tasarlanmış özel filtrelerdendir (Moss, 2008-2009). Kızılötesi ledlerin ışık şiddetinin darbe genişlik modülasyonu üzerinden ayarlanması için kurulan led sürücü devresinde BDX53C darlington transistörden yararlanılmıştır. Darlington transistörler 2 adet transistörün art arda bağlanmasıyla oluşur. Akım kazancının yüksek olması ve ısınma riskinin çok az olması sebebiyle tercih edilmiştir.

## 2.2. Görüntü İşleme

Tasarımı yapılan bu projede görüntü işleme tekniklerinin yanı sıra kızılötesi güç ledlerinin yardımıyla damar yolunun diğer dokulardan daha koyu bir şekilde görüntülenmesi sağlanmaktadır. Tasarlanan sistemin kurulum mimarisi Şekil 1'de görülmektedir. Sistem Raspberry Pi mikrobilgisayarı üzerine kurulmuş görüntü işleme teknolojisini kullanan diğer cihazların güncel bir versiyonudur.



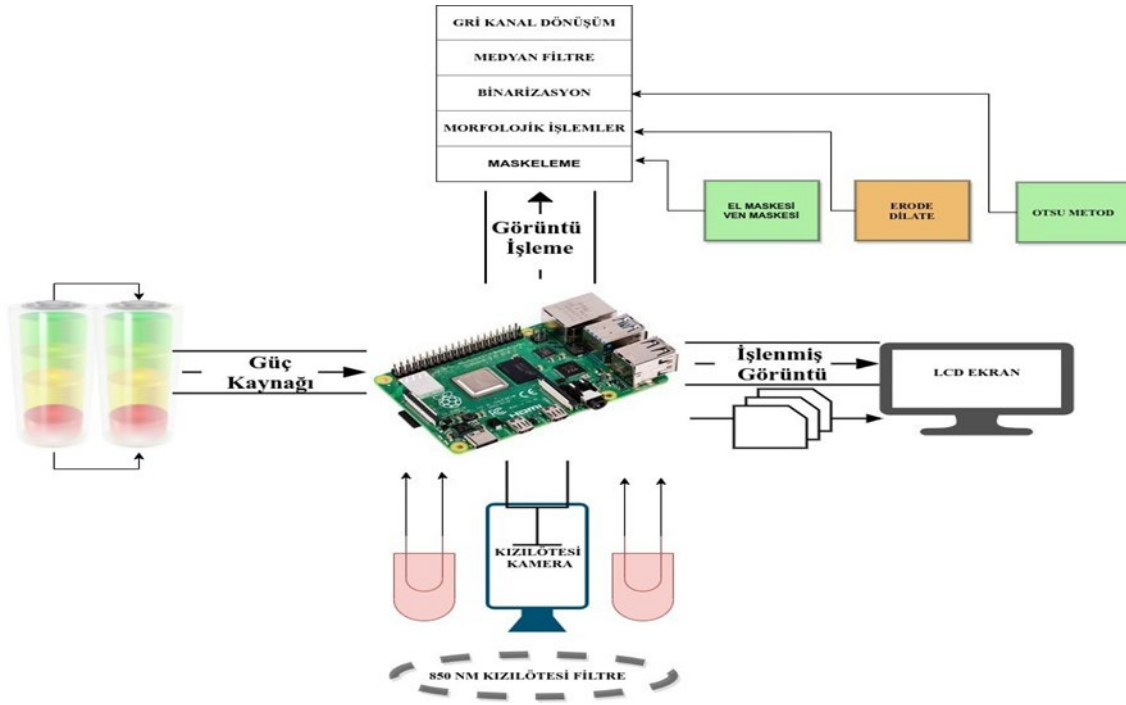
Şekil 1. Sistemin Kurulum Mimarisi.

Kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobinin kızılötesi ışınlara duyarlılığı ve bu duyarlılığın damarları belirgin hale getirdiği bilinmektedir (Bouzida, 2010). Bu molekül özellikle 760nm ve 880nm dalga boyu aralığındaki kızılötesi ışığı çok iyi emer. Dolayısıyla 880nm dalga boyuna en yakın kızılötesi ışık kaynağını kullanmak gerekmektedir.

Kızılötesi ledlerden yansıyan ışınlar deriye nüfuz ederek damarların belirgin hale gelmesini sağlar. Belirgin hale gelen damarların görüntüsünün alınması için 8 MP çözünürlüklü Raspberry Pi kızılötesi kamera modülü kullanılır. Kullanılan kızılötesi kamera yardımıyla görüntü alınırken cihazın bulunduğu ortama bağlı olarak çeşitli ışık kaynakları görüntünün kalitesini bozar. Bu sorunu ortadan kaldırmak için kamera lensinin önüne kızılötesi filtre yerleştirilir. Filtre yabancı kaynaklardan gelen ışınları süzgeçten geçirerek deriye sadece kızılötesi ışınların ulaşmasını sağlar.

Kameradan alınan damar görüntüsünün çeşitli tekniklerle işlenmesi, depolanması ve kurulan sistemin kontrol edilmesi amacıyla Raspberry Pi mikrobilgisayarı kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan mikrobilgisayara entegre edilen lcd ekrana, kameradan alınan görüntü aktarılarak gerçek zamanlı olarak damar yolu görüntüsü elde edilmiştir.

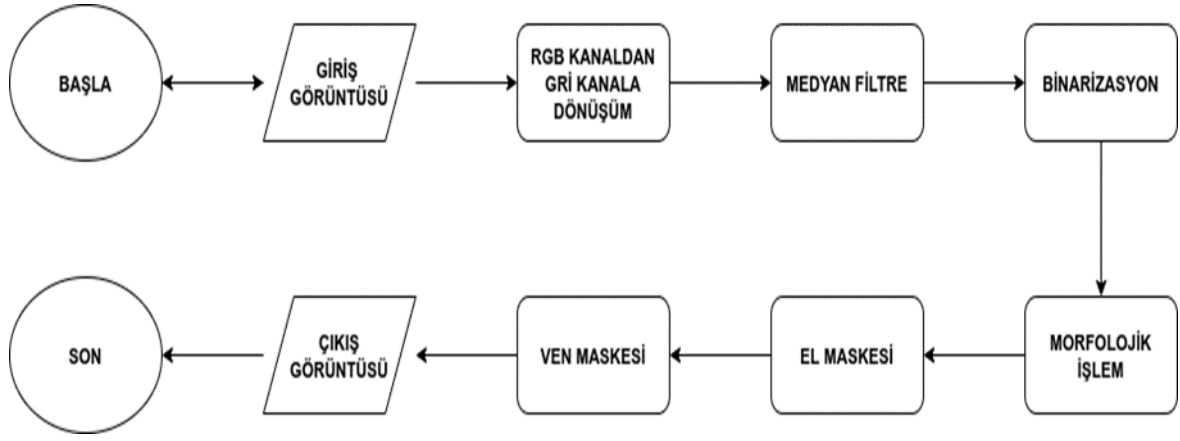
Cihazın farklı ortam ve ışık koşulları altında kararlı bir şekilde çalışabilmesi için Şekil 2’ de görülen led sürücü devresi kullanılarak ışığın şiddetinin Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) kanalları üzerinden kontrolü sağlanmıştır.



Şekil 2. Led Sürücü Devresi.

### 2.2.1. Görüntü İşleme Teknikleri

Ven görüntüleme için kullanılan kızılötesi kamera damarları ayırtmak için kullanılan 850 Nm dalga boyundaki ledlerin cilde yansıttığı ışığı algılar. Elde edilen çıktı ven görüntüsünün belirginleşmesi için kare kare işlenir. Görüntü işleme sırasında durağan görüntüler kullanılır ancak istenilen ven görüntüsü elde edildikten sonra gerçek zamanlı görüntüye geçilir. En temel şekliyle, Şekil 3’de görüntü işleme tekniğinin adımları ve izlenilecek yol haritası verilmiştir.



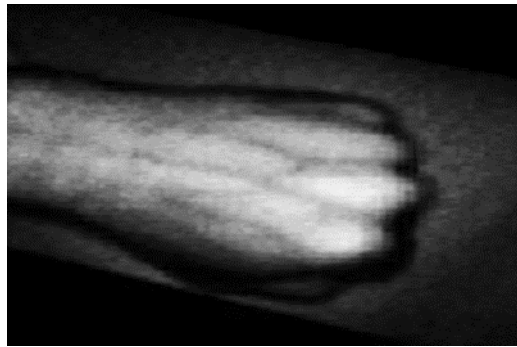
Şekil 3. Görüntü İşleme Blok Diyagramı.

### 2.2.1.1. Gri Kanala Dönüştürme

İlk olarak RGB kanallarını gri tonlamalı kanallara dönüştürmek gerekmektedir. Renkli sayısal bir görüntüyü gri seviye bir görüntüye dönüştürme işlemi, aslında RGB renk modelinde belirtilen her bir renk bandına karşı düşen gri seviye görüntülerin ölçeklendirilmesidir. Aşağıda yer alan Eşitlik (1) kan damarları çalışmasında tespit edilen en uygun RGB katsayısıdır (Prasasti ve ark, 2015).

$$Gri = 0,4 * R + 0,45 * G + 0,15 * B \quad (1)$$

Denklemden, R(Red) kırmızı, G(Green) yeşil, B(Blue) mavi renk kanalını temsil etmektedir. Denklemden kullanılan katsayılar değiştirilerek farklı renk tonlarında görüntü elde edilebilmektedir.



Şekil 4. Gri Kanala Dönüştürülen Görüntü.

Gri kanala dönüştürme işleminde kızılötesi kameradan alınan renkli görüntü gri kanala indirgenerek damarların belirginleşmesi sağlanmış ve böylelikle ilk görüntü elde edilmiştir.

### 2.2.1.2. Medyan Filtresi

Gri kanala dönüştürülen görüntü üzerinde medyan filtresi kullanılır. Medyan filtre (Orta Değer filtresi), bir görüntüden gelen gürültüyü gidermek için kullanılan doğrusal olmayan bir dijital filtreleme tekniğidir (Thanki & Kothari, 2019). Denklem (2) bu tür gürültü azaltma ve sonraki işlemlerin sonuçlarını iyileştirmek için tipik bir ön işlem adımıdır.

$$\hat{f}(x, y) = \text{median}\{g(s, t)\}_{(s,t) \in S_{xy}} \quad (2)$$

Denklemden  $(s, t) \in S_{xy}$  pikselin etrafındaki alanı,  $\hat{f}(x, y)$  medyan filtresi uygulanmış sonuç görüntüsünü,  $\{g(s, t)\}$  medyan filtresi uygulanmak üzere denkleme gönderilen görüntüyü temsil etmektedir.

### 2.2.1.3. Canny Metot

Medyan filtreleme uygulandıktan sonra kısmen belirgin hale gelen ven görüntüsünün ön plana çıkması, el kenarlarının tespit edilip elin tanınması ve bu kenarlar üzerine maskeleme tekniklerinin uygulanması için çok aşamalı bir algoritma kullanan Canny Edge Detection (Kenar Tespiti) yöntemi kullanılır. Canny kenar tespit yöntemi 1968 yılında John F. Canny tarafından geliştirilmiştir (Canny, 1986). Denklem (3) standart sapma değeri ile önceden tanımlanmış bir Gauss filtresi kullanarak görüntülerin kenarlarının algılanmasını sağlar (Thanki & Kothari, 2019).

$$M(x, y) = \sqrt{I'_x(x, y)^2 + I''_y(x, y)^2} \quad (3)$$

Denklemden  $I'$  giriş görüntüsünün 1. türevini  $I''$  ise 2. türevini verir.  $M(x, y)$  canny metodu uygulanmış sonuç görüntüsünü temsil etmektedir.

Canny kenar algılama algoritması için adımlar aşağıdaki gibidir:

- a.  $I$  görüntüsü okunur.
- b. Tek boyutlu (1D) gauss maskesi  $I$  görüntüsü üzerine uygulanır.
- c. Gauss filtresinin ilk türevi için  $x$  ve  $y$  yönünde 1 adet tek boyutlu maske oluşturulur.
- d. Oluşturulan maske  $I_x$  görüntüsünü elde etmek için satır boyunca  $I_y$  görüntüsünü elde etmek için sütun boyunca  $I$  görüntüsünün matrisi üzerinde döndürülür.

e. Denklem (3) kullanılarak her bir pikselde (x, y) sonucunun büyüklüğü bulunur.



**Şekil 5.** Canny Metodu Uygulanmış Görüntü

Görselde de görüldüğü gibi bu metot, kızılötesi ışığı emerek belirginleşen damarları kenar olarak algılamış ve giriş görüntüsündeki diğer etkenlerden ayırt etmiştir.

#### 2.2.1.4. Binarizasyon ve OTSU Eşiği

Bir eşik değeri belirleyip bu eşik değerinin altında kalan kısımların siyah, üstünde kalan kısımların beyaz olması için otsu eşiği kullanılır. Yani eşik değerinin altında kalan kısım 0, üstünde kalan kısım 1 olur. Sonuç olarak elde edilen çıktı binary bir görüntüdür. Fakat değişen ortam şartları nedeniyle sabit bir eşik değeri seçmek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple görüntünün alındığı ana ekranın üzerine, eşik değerinin ortam şartlarına göre ayarlanmasını sağlayan bir trackbar eklenmiştir. OTSU metodu 1979 yılında Nobuyuki OTSU tarafından geliştirilmiştir (Sezgin & Sankur, 2004). Metot, görüntü matrisinin üzerinde 2 ayrı bölüm olduğunu kabul ederek bu bölümler arasındaki varyansı maksimum yapacak değeri bulur. N uzunluklu bir dizi için Eşitlik (4)'deki varyans hesaplaması kullanılır.

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \mu_x) \Pr\{x_i\} \quad (4)$$

Denklemden N dizi uzunluğunu,  $\Pr\{x_i\}$   $X_i$  'nin gelme olasılığını,  $\sigma$  varyansı,  $\mu_x$  ağırlıklı ortalamayı temsil eder. Bölümler arası (siyah ve beyaz) varyans değeri Denklem (5)'de görülen formül ile bulunur.

$$\sigma_s = \sigma - \sigma_b = \omega_1(t)\omega_2(t)(\mu_1(t) - \mu_2(t)) \quad (5)$$

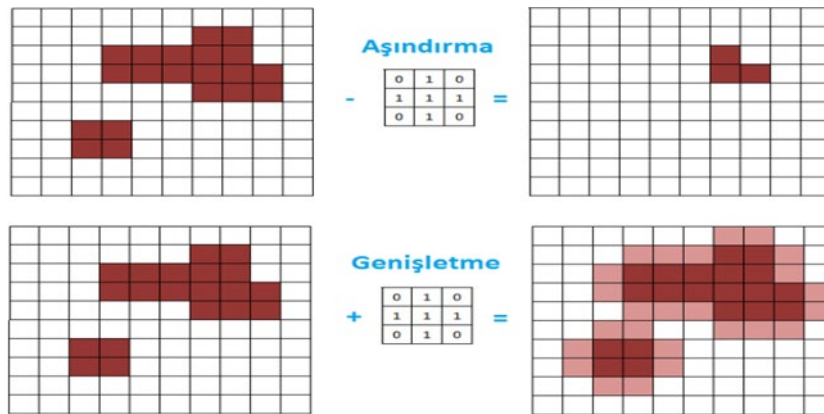
Bu formülde  $\omega$  değeri siyah ve beyaz bölümlerin yoğunluklarını  $\mu$  değişkeni ise ağırlıklı bölüm ortalamalarını gösterir ve  $X(i)$  renklerin seviye değeridir. Bu değerler Denklem (2.6) ve (2.7)'deki formüller ile bulunur.

$$\omega_1(t) = \sum_{i=0}^t Pr\{i\} \quad \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^{255} Pr\{i\} \quad (6)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=0}^t Pr\{i\} X(i) \quad \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{255} Pr\{i\} X(i) \quad (7)$$

### 2.2.1.5. Morfolojik İşlemler (Erode ve Dilate)

Son olarak ven görüntüsünün kenar algılama sistemi tarafından daha net ve güçlü bir şekilde algılanması için sırasıyla Erode (aşındırma) ve Dilate (genişletme) yöntemleri uygulanmıştır. Mantık olarak  $3 \times 3$  boyutlarındaki sıfır ve birlerden oluşan çekirdek matrisi görüntü üzerinde gezdirilir. Erode ve dilate işleminde çekirdek matrisi aynıdır. Bu nedenle Şekil 6'da da görüldüğü gibi erode işleminde görüntü matrisi çekirdek matrisinden çıkarılır aynı şekilde dilate işleminde ise görüntü matrisi ile çekirdek matrisi toplanır (Thanki & Kothari, 2019).



Şekil 6. Erode ve Dilate İşlemi.

Görüntü  $f$  'nin  $M \times N$  boyutlarındaki görüntüyü  $s$  ile genişletme ve aşındırma işlemi aşağıdaki formül ile gerçekleştirilir.

$$g(x, y) = \min(f(x - i, y - j), s(i, j)), 0 \leq i \leq M - 1, 0 \leq j \leq N - 1 \quad (8)$$



Denklemden  $s(i, j)$  0 ve 1'lerden oluşan 3x3 boyutundaki matrisi temsil etmektedir. M ve N giriş görüntüsünün piksel değerleridir.  $g(x, y)$  ise aşındırma veya genişletme işlemi uygulanmış sonuç görüntüsüdür.

### 2.2.1.6. El Maskesi ve Ven Maskesi

El maskesi tekniği başta güvenlik sistemleri olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Garrido & Joshi, 2018). El maskesinin görevi ilgili cihazın el görüntüsünü tanıyıp diğer cisimlerden ayırt etmesidir. Dolayısıyla bu projede ortamda bulunan diğer cisimlerle el görüntüsünün birbirine karışmaması ve el görüntüsünün bu cisimlerden ayırt edilmesi için el maskeleyme tekniğini kullanılmıştır. Farklı cisimler ile el görüntüsü için yapılan işlem aynı şekilde el görüntüsü ve damar görüntüsü arasında da yapılmalıdır. Bu sebeple el maskesi tekniği uygulanmış görüntü üzerine birde ven maskesi tekniği uygulanmıştır. Burada amaç el üzerindeki çeşitli girinti ve çıkıntıların cihaz tarafından damar olarak algılanmasının önüne geçmektir. Şekil 7'de el üzerindeki belirli bir bölgenin damar görüntüsü görülmektedir.



Şekil 7. El ve Ven Maskesi Uygulanmış Görüntü.

### 2.2.2. Sistemin Kurulumu

Görüntüyü elde ederken Raspberry Pi için geliştirilen 8 Mp kızılötesi kamera kullanılmıştır. Ven görüntüsü elde edilmek istenen bölgeyi aydınlatmak için üzerinde 6 adet 850Nm power led bulunan IR led halkası kullanılmıştır. Led halkasının güç ihtiyacı 9V pil ve Raspberry Pi' nin pinlerinden alınan 5V gerilim kaynağının seri bağlanması ile sağlanmıştır. Led halkasının ışık şiddetinin ayarı için led sürücü devresi kullanılmış ve bu devre darbe genişlik modülasyonu üzerinden kontrol edilmiştir. Kızılötesi kamera ve lcd ekran, Raspberry Pi üzerinde bulunan yuvalarına takılarak mikrobilgisayara gerekli komutların verilmesiyle çalışır hale getirilmiştir. Cildin üzerine yansıyan kızılötesi ışık dalgasının kameraya geri yansımada 700Nm ile 1200Nm arasındaki dalga boylarını geçirmek üzere tasarlanmış özel filtrelerden 850Nm dalga boyunu geçiren filtre kullanılmıştır.

Cihazın montaj aşamasının bitmesiyle birlikte son hali Şekil 8 ve Şekil 9'daki görsellerde verilmiştir.



Şekil 8. Cihazın Ön Görüntüsü



Şekil 9. Cihazın Arka Görüntüsü

### 3. Araştırma Bulguları

#### 3.1. Veri Toplama ve Deney Prosedürleri

Bu çalışmada kullanılan tekniklerin özellikle farklı ışık seviyesinin olduğu ortamlarda veya farklı açılarda alınan görüntülerde tek başına verimli olmadığı görülmüştür. Bu sebepten dolayı ven görüntüsünün alındığı ekran üzerine ortamdaki kontrast, eşik ve kızılötesi ledlerin ışık şiddetinin ayarlanabileceği 3 adet trackbar eklenmiştir. Tüm bu işlemlerden sonra problemin %90 oranda ortadan kaldırıldığı görülmüştür. %100 oranda başarı sağlanmak istendiği takdirde her ortamın ışık şiddetine uyum sağlayan seviyede ledlerin eklenmesi ve farklı açılarda oluşan görüntü bozulmasının önüne geçmek için uygun dış tasarımın yapılması gerekmektedir.

Şekil 10-12 arasında bulunan görüntüler normalde damarları görülemeyen bir denek üzerinden alınmıştır. En soldaki çıktı orijinal görüntünün gri kanala dönüştürülmüş şeklidir. Ortadaki çıktıda gri

kanal görüntü üzerine Canny metot uygulanmıştır. En sağdaki görüntüde ise yapılan bütün işlemlerin üzerine el ve ven maskesi uygulanmıştır.



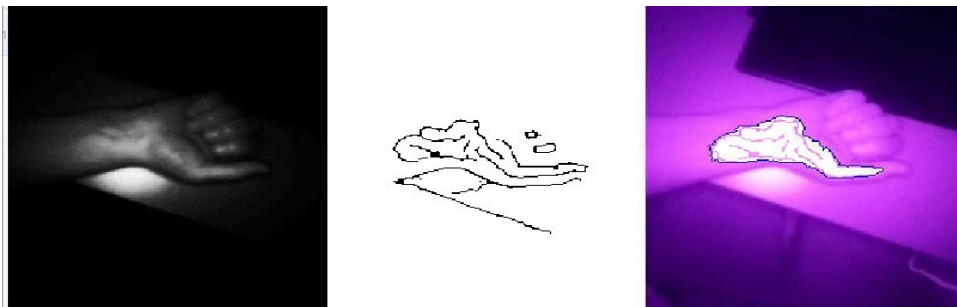
Şekil 10. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

Görselde kontrast değeri düşük, eşik değeri yüksek ve dar açıyla alınmış bir çıktı görülmektedir. Kontrast değeri az olduğu için kızılötesi ledlerin şiddeti artırılmıştır.



Şekil 11. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

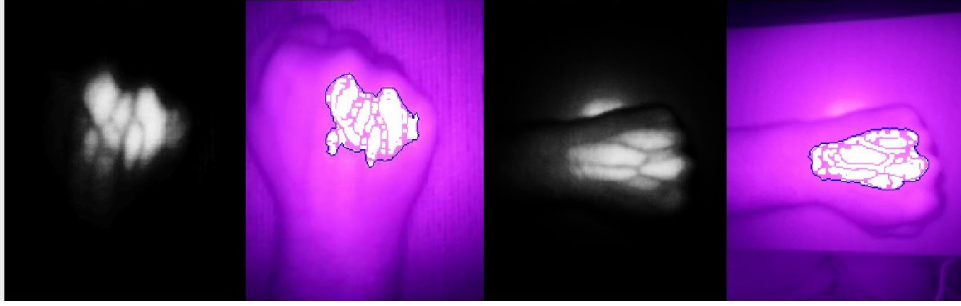
Kontrast değeri yüksek olan bu görsel denek üzerinden geniş açı ile alınmış diğer bir çıktıdır.



Şekil 12. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

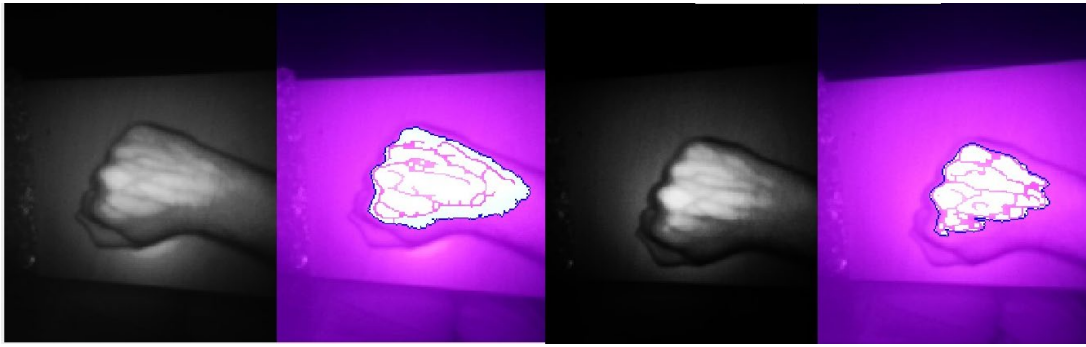
Görüntü deneğin bilek kısmından alınmıştır. Deneğin bilek kısmındaki damarlar normale göre daha derindedir. Bu sebeple alınan çıktıdaki kontrast değeri oldukça düşüktür.

Şekil 13 ve 14’de diğer bir denekten alınan görüntüler görülmektedir. Bu görsellerde sadece gri kanala dönüştürülmüş çıktı ile el ve ven maskesi uygulanmış çıktı görülmektedir. Kızılötesi ışığın cilt yüzeyine yansıtılmasıyla damar çıktısının net bir şekilde alındığı görülmüştür.



Şekil 13. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

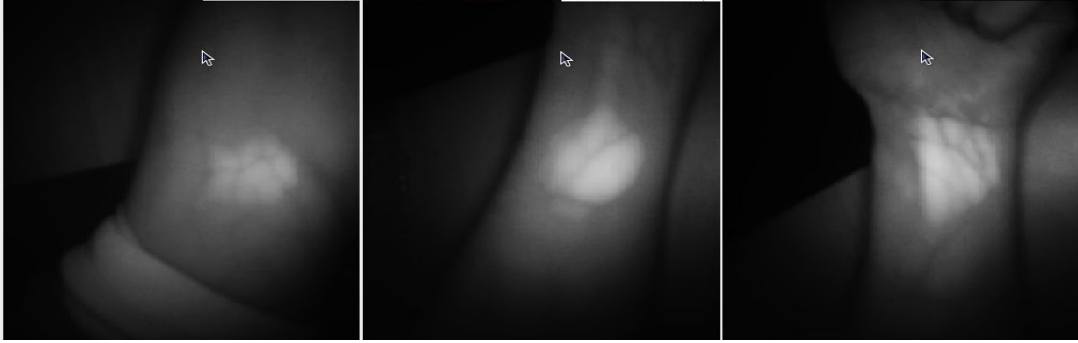
Farklı bir deneğin çıktısı olan bu görüntüler iki farklı açı ile alınmıştır. Her iki çıktıda da görüldüğü gibi damar görüntüsü oldukça nettir.



Şekil 14. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

Farklı denekten geniş açı ile alınmış bu görüntülerde açı değıştikçe alınan damar çıktısının nasıl değıştiği gözlemlenmiştir.

Sadece gri seviye dönüştürülen ve üzerine medyan filtresi uygulanan çıktı aşağıdaki gibidir. Derinlerde bulunan damarların net bir şekilde görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 15. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

Gri kanalda yer alan görüntüler canny metot ve maskeleme teknikleri uygulanmadan alınmıştır. Görselde, damar görüntüsünün daha geniş bir açıyla alınması gerektiğinde kızılötesi ledlerin şiddetinin açıyla doğru orantılı olarak ayarlanması gerektiği görülmüştür.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada NOIR teknolojisinin insan gözünün göremediği detayları görebilmesi özelliğinden yararlanılmıştır. Kullanılan donanım bileşenleri rahatlıkla ulaşılabilen, piyasada popüler olarak bulunan son teknoloji modüllerdir. Ayrıca kullanılan görüntü işleme teknikleri diğer araştırmalarda kullanılan yöntemlerin yenilikçi bir versiyonudur. Tasarlanan bu projede CCD sensör yerine fiyatı çok daha uygun ve daha az güç tüketimine sahip olan CMOS sensör kullanılarak maliyet açısından ciddi tasarruf sağlanmıştır. Aynı zamanda projede kullanılan Raspberry Pi mikrobilgisayarının depolama özelliği ve OpenCV programının görüntü işleme özelliği kullanılarak kişinin damar yolunun görüntüsü alınıp ülke çapında bir veri bankası oluşturulmasının önü açılmıştır. Ven desenini en iyi şekilde görüntülemek amacıyla gri seviyeye dönüştürme, el maskesi için otsu metot, damar maskeleme için ise medyan filtre ve canny metot gibi bazı görüntü işleme teknikleri uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Tüm bu yöntemlerin performansı analiz edilmiş ve bir dizi pratik görüntü denemesi sunulmuştur. Kullanılan tüm tekniklerin deneysel sonuçları bize farklı parametreler sunmuştur. Yapılan deneylerin veritabanı oldukça küçük olsa da elimizdeki deneylerin sonuçlarına göre oldukça yüksek oranda başarı sağlandığı görülmüştür. Hem elektronik donanım hem de kullanılan filtrelerin kolayca bulunabilmeleri büyük bir avantajdır. Sistemin muadillerine oranla daha ucuz oluşu da bir avantaj olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma sonraki aşamada, sisteme yapay zeka eklenmesi veya optimizasyon algoritmalarının kullanılması ile daha iyi görüntü verebilecek şekilde geliştirmek mümkün olabilir.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Kaynaklar**

- Bath, J., Aziz, F. And Smeds, M. R. (2021, April). "Progression of Changes in VAScular Surgery Practices during tje Novel Corona Virus SARS-CoV-2 Pandemic, Annals of Vascular Surgery, In press. (<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.03.002>)
- Bouzida, N., Bendada, A. H., & Maldague, X. P. (2010, October). "Near-infrared Image fFormation and Processing for the Extraction of Hand Veins", Journal of Modern Optics, Vol. 57, No. 18, pp. 1731-1737.
- Canny, J. (1986, November). "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, Issue: 6, pp. 679-698.
- Delaune, S. C., & Ladner, P. K. (1997). "Process and Practice", in Fundamentals of Nursing 4e, pp. 949-958, Elsevier.
- Erişti, E. (2010, Şubat 10-12). "Görüntü İşlemede Yeni Bir Soluk, OPENCV", Akademik Bilişim 2010 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri Muğla Üniversitesi, s. 223-229.
- Fossum, E. R., & Hondongwa, D. B. (2014, May). "A Review of the Pinned Photodiode for CCD and CMOS Image Sensors", IEEE Journal of the Electron Devices Society, Vol. 2, No. 3, pp. 33-43.
- Garrido, G., & Joshi, P. (2018). "Detecting and Tracking Different Body Parts", in OpenCV 3 with Python By Example 2e, pp. 74-95. Birmingham - Mumbai
- Jain, C., Mishra, V., & Chugh, A. (2019). "Palm Vein Technology for Biometrics", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Vol. 8, Issue 9S, pp. 598-602.
- Lareyre, F., Chaudhuri, A., Adam, C., Carrier, M., Mialhe, C. and Raffort, J. (2021, April). "Applications of Head-Mounted Displays and smart Glasses in Vascular Surgery", Annals of Vascular Surgery, In Press. (<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.02.033>)
- Mansoor, M., N., S. S., Naqvi, S. Z., Badshah, I., & Saleem, M. (2013). "Real-time Law Cast Infrared Vein Imaging System", International Conference on Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition (ICSIPRI), pp. 117-121.
- Moss, J. P. (2008-2009, Dec-Jan). "100 Years of Infrared", The RPS Journal Royal Photographic Society, Vol. 148, No. 10, pp. 571.
- Prasasti, A. L., Mengko, R. W., & Adiprawita, W. (2015). "Vein Tracking Using 880nm Near Infrared and CMOS Sensor with Maximum Curvature Points Segmentation", 7th World Congress on Bioengineering 2015 IFMBE Proceedings Vol. 52, pp. 206-209.

- Sebastien, A., Chaib, I. D., Taillard, J., Chraibi, A., Delerue, D., Lernout, B. And Hertault, A. (2020) "Artificial Intelligence to Detect the Patients Eligible to Vasculer Surgery", *Annals of Vasculer Surgery*, Vol. 68, pp.99.
- Sezgin, M., & Sankur, B. (2004, January). "Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation", *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 13, Issue 1, pp. 146-165.
- Sontakke, B. M., Humbe, V. T., & Yannawar, P. L. (2018, March). "Automatic ROI Extraction and Vein Pattern Imaging of Dorsal Hand Vein Images", *International Journal for Science and Advance Research In Technology(IJSART)*, Vol. 4, Issue 3, pp. 1678-1683.
- Thanki, R. M., & Kothari, A. M. (2019). *Digital Image Processing Using SCILAB*. 6330 Cham, Switzerland: Springer.
- Tran, L. T., & Pham, H. T.-T. (2020, January). "Designing and Building the Vein Finder System Utilizing Near-Infrared Technique", *7th International Conference on the Development of Biomedical Engineering in Vietnam (BME7)*. IFMBE Proceedings Vol. 69, pp. 383-387. Springer, Singapore.
- Wang, L., & Leedham, G. (2005, August 22-25). "A Thermal Hand Vein Pattern Verification System", *Pattern Recognition and Image Analysis: Third International Conference on Advances in Pattern Recognition, ICAPR 2005, Bath, UK, Proceedings, Part II*, pp. 58-65.
- Zhang, D., Guo, Z., Lu, G., Zhang, L., & Zuo, W. (2010, February). "An Online System of Multispectral Palmprint Verification", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol.59, no. 2, pp. 480-490.

## Effects of Juglone on the Antioxidant Metabolism in the Larval Hemolymph of the Greater Wax Moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)

Emine DUMAN ERBAŞ<sup>1\*</sup>, Hülya ALTUNTAŞ<sup>2</sup>

### Abstract

Reducing the usage of chemical pesticides used to control pests in agriculture and stored products is an important phenomenon. Also, eco-friendly biopesticides have become highly important for use in the management of the pest control programs to overcome the negative influences of other synthetic chemicals. In this study oxidative stress changes induced by one important phytochemical compound, juglone, in *Galleria mellonella* larvae were investigated. For this purpose, effective concentrations (LC<sub>10</sub>: 0.5 mg; LC<sub>30</sub>: 1.5 mg; LC<sub>50</sub>: 2.3 mg) of juglone were added into the 2 g diet of the first instar larvae. Hemolymph samples from the last instar larvae were used to analyses of antioxidant enzyme activity (glutathione peroxidases – GPx, glutathione-S transferase - GST, catalase - CAT, and superoxide dismutase - SOD) and malondialdehyde (MDA) assays. Activities of antioxidant enzymes (SOD, CAT, and GST) and MDA level in the hemolymph of last instar *G. mellonella* larvae exposed to dietary juglone changed dose-dependently when compared to the control larvae. However, there was no change detected in GPx enzyme activity in both treated and untreated larvae. Consequently, effective doses of juglone are toxic to the model and pest insect *G. mellonella*.

**Keywords:** Antioxidant Metabolism, *Galleria mellonella*, Hemolymph, Juglone.

## Juglonun Büyük Balmumu Güvesi *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Larval Hemolenfnde Antioksidan Metabolizma Üzerine Etkileri

### Öz

Tarımsal alanlarda ve depolanan ürünlerde zararlı böcekler ile mücadele amacıyla kullanılan kimyasal pestisitlerin uygulamalarının azaltılması önemli bir olgudur. Bununla birlikte, çevre dostu biyopestisitler zararlı kontrol programlarının yönetiminde diğer sentetik kimyasalların olumsuz etkilerinin üstesinden gelmek için önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, önemli bir fitokimyasal bileşik olan Juglonun *Galleria mellonella* larvalarında neden olduğu oksidatif stres değişiklikleri incelenmiştir. Bu amaçla, juglonun etkili konsantrasyonları (LC<sub>10</sub>: 0.5 mg; LC<sub>30</sub>: 1.5 mg; LC<sub>50</sub>: 2.3 mg) birinci evre larvaların 2 gram besini içerisine ilave edildi. Son dönem larvaların hemolenf örnekleri, antioksidan enzim aktivitesi (glutasyon peroksidazlar - GPx, glutasyon-S transferaz - GST, katalaz - CAT ve süperoksit dismutaz - SOD) ve malondialdehit (MDA) testlerinin analizlerinde kullanıldı. Besinsel juglona maruz kalan son dönem *G. mellonella* larvalarının hemolenfnde antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, CAT ve GST) ve MDA miktarı kontrol larvalarıyla karşılaştırıldığında doza bağlı olarak değişmiştir. Bununla birlikte, uygulama yapılan ve yapılmayan larvalara ait GPx enzim aktivitesinde değişiklik belirlenmedi. Sonuç olarak, juglonun etkili dozları model ve zararlı böcek *G. mellonella* için toksiktir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan Metabolizma, *Galleria mellonella*, Hemolenf, Juglon.

<sup>1</sup>Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Biology, Trabzon, Turkey...eduman09@gmail.com

<sup>2</sup>Eskişehir Technical University, Faculty of Science, Department of Biology, Eskişehir, Turkey hycitas@eskisehir.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4975-1182> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4505-0098>



## 1. Introduction

Due to the adverse effects of synthetic chemicals on the biodiversity in the ecosystems, plant-based chemicals, known as eco-friendly biopesticides, are gaining more importance for use in integrated pest management (IPM) programs. Evidence from previous studies has shown that various plant secondary compounds and plant extracts have toxic effects on some insects, causing significant changes in, morphology, sexual maturity, egg hatching ratio and developmental abilities as well as feeding behaviour (Emam et al., 2009; Jeyasankar et al., 2010; Rattan and Sharma, 2011; Şeref-Gün et al., 2011; Paul and Sohkhlet, 2012; Duman-Erbaş and Altuntaş, 2020). Like several phytochemicals, juglone (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone) is also an important plant secondary compound, synthesized by walnut species, recommended for use as a biopesticide (Babula et al., 2009; Islam and Widhalm, 2020). Previous studies showed that juglone has an antifeedant potential and adversely affects the survival and reproductive activities of different insect species such as model insect *G. mellonella* (Sun et al., 2007; Sorokin and Whitaker, 2008; Piskorski et al., 2011; Akhtar et al., 2012; Cespedes et al., 2016; Altuntaş et al., 2020; Duman-Erbaş and Altuntaş, 2020). These significant changes in insect development and biological activities indicate that dietary juglone is potentially toxic on insects by altering antioxidant response and lipid peroxidation in the insect hemolymph. Storage proteins and metabolic enzymes found in insect hemolymph synthesized from adipose tissue, midgut, or other tissues. Besides, it is known that sublethal concentrations of several chemicals can induce detoxification processes that are carried out by antioxidant enzymes in insect hemolymph and fat body (Krishnan and Kodrik, 2006; Büyükgüzel et al., 2010; Büyükgüzel et al., 2013; Altuntaş et al., 2016; Sezer-Tuncsoy et al., 2019). Therefore, changes in the hemolymph should be analysed to examine the physiological effects of juglone. For this purpose, the physiological stress that occurs in the larval hemolymph depending on Juglone treatment was investigated in our study.

It has been reported that several plant allelochemicals including Juglone increase or decrease the activity of the detoxification enzyme, GST (Lee, 1991; Wheeler et al., 1993; Thiboldeaux et al., 1994; Yu and Abo-Elghar, 2000; Yu and Huang, 2000; Altuntas et al., 2020). Furthermore, Altuntaş et al. (2020) showed that dietary Juglone induces lipid peroxidation and genotoxicity in the total larval tissue of *G. mellonella* depending on the concentration.

In the present study, the larval stage of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera) was selected as both the model insect and storage pest species to test the influences of dietary juglone on the antioxidant and oxidant metabolism in the hemolymph.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Insect

Larval stage of *G. mellonella* were obtained from stock culture using semi-artificial diet as indicated by Duman-Erbaş and Altuntaş (2020). *G. mellonella* were kept in an insectarium at  $28 \pm 1$  °C,  $60 \pm 5\%$  RH in the constant darkness conditions at Eskisehir Technical University, Turkey.

### 2.2. Bioassays and Homogenization

To evaluate the oxidative acts of juglone on the larval hemolymph of *G. mellonella*, effective concentrations of juglone, which are reported by Duman-Erbaş and Altuntaş (2020) (LC<sub>10</sub>: 0.5mg, LC<sub>30</sub>: 1.5 mg, LC<sub>50</sub>: 2.3 mg / 2 g larval diet) were used for all experiments. The LC<sub>x</sub> of juglone were mixed into the artificial diet of the first stage larva of *G. mellonella* and each larva fed up to the seventh instar ( $0.18 \pm 0.02$  g). All larvae were raised under insectarium conditions. For each control and experimental group, all experiments were performed with 20 larvae randomized from different populations at different times in three repetitions. For each analysis, hemolymph (10 µl from each individual larva) was collected and transferred into microcentrifuge tubes (0.5 ml) containing cold homogenization buffer (v/v; 1.15 % w/v KCl, 25 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 2 mM DDT, 5 mM EDTA, 2 mM PMSF, pH 7.0, Sigma), and 1 µg melanization inhibitor (phenylthiourea, Sigma) for antioxidant enzymes activity assays (Altuntaş, 2015a). Hemolymph samples from 20 larvae in each replicate of the biochemical assay were transferred into the same Eppendorf tube and centrifuged at 10,000 g, +4 °C for 15 min for homogenization. After this, the supernatant was extracted and used in enzyme activities and protein amount analyses. On the other hand, to analysis of the level of MDA as a lipid peroxidation marker in larval hemolymph, samples were collected as mentioned above into a cold 1.5 ml Eppendorf tube including homogenization buffer, centrifuged at 700 g, +4 °C for 10 min.

### 2.3. Assay of Enzyme Activities and Malondialdehyde Amount

Analysis of the activities of SOD, GST, GPX, and MDA amount was carried out using commercial kits developed by Cayman Chemical. The absorbance of the samples using xanthine and xanthine oxidase systems were measured at 450 nm, and thus SOD activity presented in the larval hemolymph was defined as U/mg protein.

To test the activity of total GST enzyme, increased absorbance resulting from conjugation of CDNB (1-chloro-2, 4 dinitrobenzene) and GSH (glutathione) with GST enzyme were measured

kinetically at 340 nm for 5 minutes. The specific GST activity was calculated using  $0.00503 \mu\text{M}^{-1}$  as the extinction coefficient.

In determining the GPx enzyme activity, kinetic measurement was performed at 340 nm for 5 minutes based on the measurement of the oxidation rate of NADPH (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate). This specific enzyme activity was defined as nmol/min/mg protein.

In the measurement of the lipid peroxidation level in larval hemolymph, acidic reaction products between thiobarbituric acid (TBA) and MDA at  $95^\circ\text{C}$  were measured at 530 nm. After analysis, the amount of MDA was calculated as nmol / mg protein (extinction coefficient.:  $1.56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ).

The CAT enzyme analysis was carried out by manual experiment according to Chance and Maehly, 1955. For this purpose, the amount of hydrogen peroxide decreased as a result of CAT enzyme activity was measured kinetically for 3 minutes at 240 nm. The specific enzyme activity was calculated as U /mg protein (extinction coefficient is  $e_{240} = 0.0394 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ).

These enzyme measurements were read on a microtiter plate (BIO-TEK Brand EPOCH). Protein concentrations used in MDA and enzyme activity assays were detected using Bradford (1976) method. Standards prepared with Bovine serum albumin in the range of 0.2-1.5 mg / ml with homogenization buffer were used. All analyses were performed as triplicates using 20 larvae per treatment.

#### **2.4. Data Evaluation**

The evaluation of the data from experiments were carried out with a statistical program (SPSS version 18.0 for Windows) and the results were shown as mean  $\pm$  standard error. Changes in means were compared using ANOVA (one-way analysis of variance) test and the differences between the groups were also determined statistically using Tukey's Least Significant Difference (LSD) tests. The results obtained at a 95 % confidence interval with  $P \geq 0.05$  did not statistically different.

### **3. Results and Discussion**

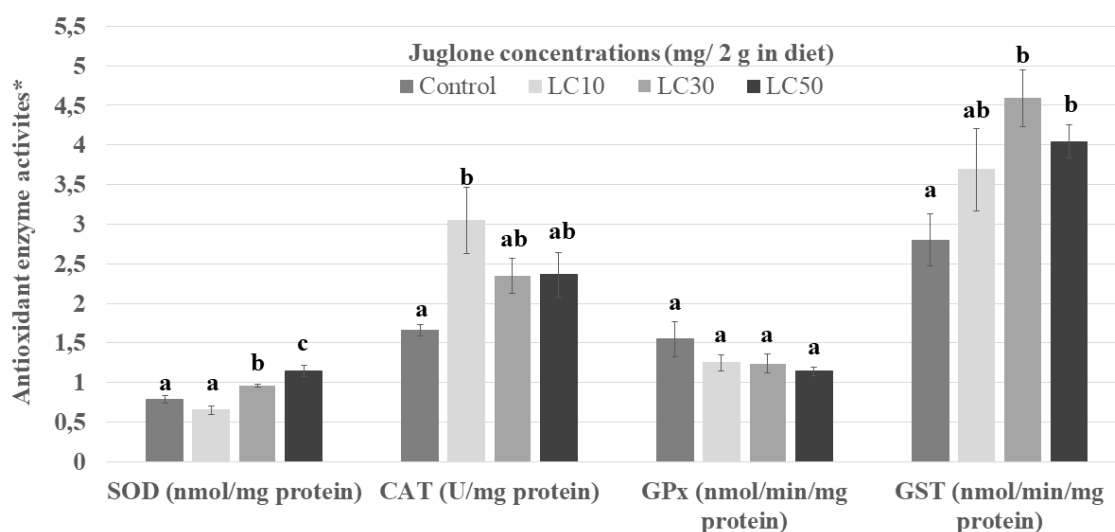
The SOD enzyme activity was found to increase approximately 22 % and 46 % respectively at  $\text{LC}_{30}$  and  $\text{LC}_{50}$  of dietary juglone when compared to the control group, but there was no statistically remarkable difference at  $\text{LC}_{10}$  juglone ( $F = 6.77$ ;  $df = 3.16$ ;  $P = 0.004$ ; Figure 1).

Concentration-dependent changes were observed in CAT activity in the hemolymph of larvae treated with the effective juglone concentrations compared to untreated larval hemolymph ( $F = 4.283$ ;

df = 3, 16;  $P = 0.021$ ; Figure 1). It was also observed that the CAT activity increased by approximately 84 % at LC<sub>10</sub> dietary juglone and by approximately 42 % at the LC<sub>30</sub> and LC<sub>50</sub> juglone.

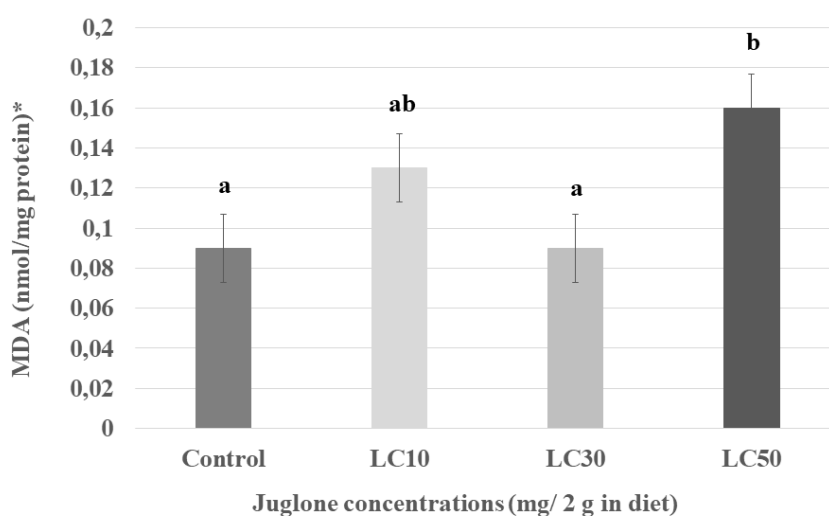
The activity of GST in the larval hemolymph increased by about 64 % and 44 % at LC<sub>30</sub> and LC<sub>50</sub> of dietary juglone respectively with respect to the control group ( $F = 4.095$ ; df = 3.16;  $P = 0.025$ ; Figure 1). Nevertheless, at LC<sub>10</sub>, there was no statistically remarkable difference in activity of GST in both the untreated, LC<sub>30</sub> and LC<sub>50</sub> juglone treated groups. Besides, in the enzyme activity GPx, it was determined that there were no statistically significant differences in the larval hemolymph at all concentrations of juglone and the control group ( $F = 1.668$ ; df = 3.16;  $P = 0.214$ ; Figure 1).

Depending on the effective concentrations of juglone added into the larval diet, the amount of MDA increased in the larval hemolymph by approximately 44 % and 77 %, at LC<sub>10</sub> and LC<sub>50</sub> respectively when compared to the untreated larval hemolymph ( $F = 3.398$ ; df = 3.16;  $P = 0.044$ ; Figure 2). In the meantime, MDA amount in the larval hemolymph at LC<sub>30</sub> juglone was similar to that observed in the untreated larvae.



**Figure 1.** Differences in the antioxidant enzyme activities (SOD, CAT, GPx, and GST) in the hemolymph of last instar larvae of model insect *G. mellonella* exposed to effective concentrations (LC<sub>10</sub>, LC<sub>30</sub>, and LC<sub>50</sub>) of dietary juglone.

\* The y-axis refers to the mean  $\pm$  standard error (SE) values and the different letters shown in the columns represent the differences between groups ( $p < 0.05$ , LSD test).



**Figure 2.** Differences in the MDA level in the larval hemolymph of *G. mellonella* treated with the effective concentrations (LC<sub>10</sub>, LC<sub>30</sub>, and LC<sub>50</sub>) of dietary juglone.

\* The y-axis refers to the mean  $\pm$  standard error (SE) values and the different letters shown in the columns represent the differences between groups ( $p < 0.05$ , LSD test).

Studies reported that juglone and various other naphthoquinones have negative effects on the biological properties of insects such growth, development, and reproduction (Sun et al., 2007; Sorokin and Whitaker, 2008; Hu et al., 2017; Lv et al., 2018; Altuntaş et al., 2020). It is also showed that several phenolic compounds like juglone alter the detoxification mechanism of insects (Felton et al., 1989; Felton and Duffey, 1991; Thiboldeaux et al., 1998; Felton and Summers, 1995; Krishnan and Kodrik, 2006; Altuntaş, 2015a, 2015b; Altuntaş et al., 2020;). According to previous studies, the current study showed significant variations in the antioxidant enzymes activities in the larval hemolymph of the model insect and storage pest *G. mellonella*. A significant change was observed in the SOD enzyme activity of larval hemolymph when effective concentrations of juglone, which included in the larval diet. The increased SOD activity at the LC<sub>30</sub> and LC<sub>50</sub> juglone concentrations could be due to juglone metabolization in the larval hemolymph which leads to the production of superoxide anion radicals (SOR) and thus activation of SOD in the juglone-treated larva occurred in hemolymph. In the larval hemolymph, SOD enzyme can increase as a phase I enzyme for the catalyzation of dismutation of SOR reactions to produce hydrogen peroxides and molecular oxygen (Sankarapandi and Zweier, 1999). Similar to our data, a recent study reported increased SOD activity in the tissue homogenate of *G. mellonella* larvae subjected to LC<sub>10</sub> and LC<sub>30</sub> of juglone (Altuntaş et al., 2020). The higher SOD activity observed in the larval body homogenate compared to that observed in the hemolymph at LC<sub>10</sub> may be due to the presence of the fat body in the larval

homogenate since detoxification of metabolic enzymes and storage proteins in insects mainly occurs in the fat body.

While SOD activity at LC<sub>10</sub> juglone treatment reduced in the larval hemolymph the amount of MDA increased at the same concentration of juglone. The decrement in SOD activity may stem from the peroxidation of lipids in cells and the failure to remove reactive oxygen species. Besides, the damaging effects of the increase in the MDA amounts at the same concentration (LC<sub>10</sub>) could be eliminated by an increase in CAT activity in larval hemolymph, because an increase CAT activity can reduce the sublethal oxidative damage caused by lipid peroxidation (Kazzaz et al., 1996; Tan et al., 1998). The hydrogen peroxide produced as a result of SOD activity disrupts the CAT enzyme in the second phase (Gaeta et al., 2002). Therefore, the elevation in SOD activity at LC<sub>30</sub> and LC<sub>50</sub> juglone may be the reason for the increase in CAT activity.

GPx activity is another parameter used to investigate the toxic effects of juglone on larval hemolymph. GPx enzyme prevents the initiation of lipid peroxidation and aids the detoxification of lipid hydroperoxides resulting from lipid peroxidation (Peric'-Mataruga et al., 1997). Data showed that GPx activity in hemolymph did not change in treated larvae with dietary juglone. This result may be related to the increase in the amount of MDA. On the other hand, it is known that while SOD activity increases due to the production of superoxide radicals, a decrease in GPx activity can occur (Gaeta et al., 2002). That's why the increase in CAT activity at LC<sub>10</sub> and SOD activity at LC<sub>30</sub> and LC<sub>50</sub> concentrations of juglone could be reasons for the unchanged GPx activity in the larval hemolymph. After all, the increased activities of CAT and SOD enzymes in the last instar larval hemolymph could be relevant with an adaptive response to overcome the oxidative damage of effective juglone concentrations as it is for other xenobiotics (Krishnan and Kodrik, 2006; Aslantürk et al., 2011; Büyükgüzel et al., 2013; Altuntaş, 2015a, 2015b).

Some of allelochemicals can act as a GST substrate or GST activator in pest insects, because of this reason GST activity is a significant antioxidant enzyme in the primary detoxification metabolism of allelochemicals during the physiological response of phytophagous species (Scheline, 1978; Yu, 1982, 1987; Wadleigh and Yu, 1988). In present study, GST activity increased when the lowest concentration of dietary juglone was exposed to *G. mellonella* larvae, but the activity ratio remained constant as the concentration increased compared to control. In a similar study, it was reported that many allelochemical components including juglone exposed to *Spodoptera frugiperda* act as GST inhibitors causing inhibition of GST in the insect with increasing substrate concentration (Yu and Abo-Elghar, 2000). However, in a study conducted with *Lymantria dispar* (Lepidoptera), it was stated that GST, and quinone reductase enzymes take main role in the detoxification of dietary juglone and that the adaptation of the insects to their natural diet at lower doses of juglone was associated with these enzymes (Lindroth et al., 1990). In another study, activity of GST in the tissues

of *G. mellonella* larvae increased at effective concentrations of juglone. This increased GST activity in larval tissue at LC<sub>10</sub> and LC<sub>30</sub> was interpreted as an adaptive response for the overcome of oxidative stress caused by juglone toxicity (Altuntaş et al., 2020). Besides, the same authors reported that the reason for the decreased activity of GST at LC<sub>50</sub> juglone could be associated with enzyme inhibition or lipid peroxidation products in the treated larval body (Altuntaş et al., 2020). Together with previous studies, induced GST activity in larval hemolymph at effective concentrations could be an adaptive physiological response employed by the insect to prevent sublethal oxidative damage induced by juglone treatment. Besides, the unchanged GST activity in the larval hemolymph at all juglone concentrations could be related to the inhibition of this enzyme by juglone. Altuntaş et al. (2020) also determined that significant damage occurred in the genome of the larvae due to the increased juglone concentration in the diets of *G. mellonella*. Because of this, one reason for the inhibition of GST at the sublethal doses of juglone in larval hemolymph could be related to damages in the insect's genome.

#### **4. Conclusions and Suggestions**

This study showed that effective concentrations of dietary juglone caused the weakening of the antioxidant defense system of *G. mellonella* larvae. This, together with findings from previous studies indicate that juglone may be used as an ecofriendly biopesticide in IPM investigations for the control of Lepidopteran insect pests. Moreover, we suggest that variations in the activities of important antioxidant enzymes and the levels of MDA can provide significant data to determine the ecotoxic properties of plant substances or secondary metabolites in insects.

#### **Acknowledgements**

This work was supported by the Scientific Research Projects Commission of Anadolu University, Turkey (Grant Number: 1608F610).

#### **Authors' Contributions**

All authors contributed equally to the study.

#### **Statement of Conflicts of Interest**

There is no conflict of interest between the authors.

## Statement of Research and Publication Ethics

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

## References

- Akhtar, Y., Isman, M. B., Niehaus, L. A., Lee, C. H. and Lee, H. S. (2012). Antifeedant and toxic effects of naturally occurring and synthetic quinones to the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Crop Protection*, 31, 8-14.
- Altuntaş, H. (2015a). Determination of gibberellic acid (GA3)-induced oxidative stress in a model organism *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology (Physiology)*, 44 (1), 100-105.
- Altuntaş, H. (2015b). Effects of ethephon on the hemolymph metabolites of the greater wax moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Physica Polonica A*, 128, 182-183.
- Altuntaş, H., Duman, E. and Kılıç, G. (2020). Juglone induced oxidative and genotoxic stress in the model insect *Galleria mellonella* L. (Pyralidae: Lepidoptera). *International Journal of Tropical Insect Science*, 40, 611-619.
- Altuntaş, H., Duman, E., Şanal-Demirci, S. N. and Ergin, E. (2016). Toxicological and physiological effects of ethephon on the model organism, *Galleria mellonella* L. 1758 (Lepidoptera: Pyralidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 40 (4), 413-423.
- Aslantürk, A., Kalender, S., Uzunhisarcıklı, M. and Kalender, Y. (2011). Effects of methidathion on antioxidant enzyme activities and malondialdehyde level in midgut tissues of *Lymantria dispar* (Lepidoptera) larvae. *Journal of the Entomological Research Society*, 13 (3), 27-38.
- Babula, P., Adam, V., Havel, L. and Kizek, R. (2009). Noteworthy Secondary Metabolites Naphthoquinones - their Occurrence, Pharmacological Properties and Analysis. *Current Pharmaceutical Analysis*, 5, 47-68.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principal of protein-dye binding. *Annu. Biochem.*, 72, 248-254.
- Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K., Snela, M., Erdem, M., Radtke, K., Ziemnicki, K. and Adamski, Z. (2013). Effect of boric acid on antioxidant enzyme activity, lipid peroxidation and ultrastructure of midgut and fat body of *Galleria mellonella*. *Cell Biology and Toxicology*, 29, 117-129.
- Büyükgüzel, E., Hyršl, P. and Büyükgüzel, K. (2010). Eicosanoids mediate hemolymph oxidative and antioxidative response in larvae of *Galleria mellonella* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 156 (2), 176-183.
- Cespedes, C. L., Lina-Garcia, L., Kubo, I., Salazar, J. R., Ariza-Castolo, A., Alarcon, J., Aqueveque, P., Werner, E. and Seigler, D. S. (2016). Calceolaria integrifolia s. l. complex, reduces feeding and growth of *Acanthoscelides obtectus*, and *Epilachna varivestis*. A new source of bioactive compounds against dry bean pests. *Industrial Crops & Products*, 89, 257-267.
- Chance, B. and Maehly, A. C. (1955). Assay of catalase and peroxidases. *Methods Enzymology*, 2, 764-775.
- Duman-Erbaş, E. and Altuntaş, H. (2020). Lethal and Sublethal Effects of Juglone on the Life-History Traits of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Zool. Bulg.*, 72 (1), 43-48.
- Emam, A. M., Swelam, E. S. and Megally, N. Y. (2009). Furocoumarin and quinolone alkaloid with larvicidal and antifeedant activities isolated from *Ruta chalepensis* leaves. *Journal of Natural Products*, 2, 10-22.
- Felton, G. W. and Duffey, S. S. (1991). Protective action of midgut catalase in lepidopteran larvae against oxidative plant defenses. *Journal of Chemical Ecology*, 17, 1715-1732.
- Felton, G. W. and Summers, C. B. (1995). Antioxidant systems in insects. *Archives of Insects Biochemistry and Physiology*, 29 (2), 187-197.
- Felton, G. W., Donato, K. K., Del-Vecchio, R. J. and Duffey, S. S. (1989). Activation of plant foliar oxidases by insect feeding reduces nutritive quality of foliage for noctuid herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 15, 2667-2694.
- Gaeta, L. M., Tozzi, G., Pastore, A., Federici, G. and Piemonte, F. (2002). Determination of superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities in blood of healthy pediatric subjects. *Clinica Chimica Acta*, 322, 117-120.



- Hu, W., Du, W., Bai, S., Lv, S. and Chen, G. (2017). Phenoloxidase, an effective bioactivity target for botanical insecticide screening from green walnut husks. *Nat Prod Res*.
- Islam, A. K. M. M. and Widhalm, J. R. (2020). Agricultural Uses of Juglone: Opportunities and Challenges. *Agronomy*, 10, 1500.
- Jeyasankar, A., Raja, N. and Ignacimuthu, S. (2010). Antifeedant and growth inhibitory activities of *Syzygium lineare* Wall (Myrtaceae) against *Spodoptera litura* Fab (Lepidoptera: Noctuidae). *Current Research Journal of Biological Sciences*, 2 (3), 173-177.
- Kazzaz, J. A., Xu, J., Palaia, T. A., Mantell, L., Fein, A. M. and Stuart-Horowitz, S. (1996). Cellular Oxygen Toxicity. *The Journal of Biological Chemistry*, 271 (25), 15182-15186.
- Krishnan, N. and Kodrik, D. (2006). Antioxidant enzymes in *Spodoptera littoralis* (Boisduval): Are they enhanced to protect gut tissues during oxidative stress. *Journal of Insect Physiology*, 52, 11-20.
- Lee, K. (1991). Glutathione S-transferase activities in phytophagous insects: Induction and inhibition by plant phototoxins and phenols. *Insect Biochemistry*, 21, 353.
- Lindroth, R. L., Anson, B. D. and Weisbrod, A. V. (1990). Effects of protein and Juglone on Gypsy moths: Growth performance and detoxification enzyme activity. *Journal of Chemical Ecology*, 16 (8), 2533-2547.
- Lv, S. T., Du, X., Bai, S. M. and Chen, G. (2018). Insecticidal effect of juglone and its disturbance analysis in metabolic profiles of *Aphis gossypii* glover using <sup>1</sup>H NMR-based metabolomics approach. *Phytoparasitica*, 46, 521-531.
- Paul, D. and Sohkhet, M. D. (2012). Anti-feedant, repellent and growth regulatory effects of four plants extracts on *Pieris brassicae* larvae (Lepidoptera: Pieridae). *Open Access Scientific Reports*, 1 (10), 1-5.
- Perić-Mataruga, V., Blagojević, D., Spasić, M. B., Ivanović, J. and Janković-Hladni, M. (1997). Effect of the host plant on the antioxidative defence in the midgut of *Lymantria dispar* L. caterpillars of different population origins. *Journal of Insect Physiology*, 43, 101-106.
- Piskorski, R., Ineichen, S. and Dorn, S. (2011). Ability of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to detoxify Juglone, the main secondary metabolite of the non-host plant walnut. *Journal of Chemical Ecology*, 37, 1110-1116.
- Rattan, R. S. and Sharma, A. (2011). Plant secondary metabolites in the sustainable diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) management. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 1 (3), 295-309.
- Sankarapandi, S. and Zweier, J. L. (1999). Evidence against the Generation of Free Hydroxyl Radicals from the Interaction of Copper, Zinc-Superoxide Dismutase and Hydrogen Peroxide. *The Journal of Biological Chemistry*, 274 (49), 34576-34583.
- Scheline, R. R. (1978). Mammalian metabolism of plant xenobiotics. *Academic Press*, New York.
- Sezer-Tuncsoy, B., Tuncsoy, M., Gomes, T., Sousa, V., Teixeira, M. R., Bebianno, M. J. and Ozalp, P. (2019). Effects of Copper Oxide Nanoparticles on Tissue Accumulation and Antioxidant Enzymes of *Galleria mellonella* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102, 341-346.
- Sorokin, N. and Whitaker, J. (2008). The impacts of selected natural plant chemicals on terrestrial invertebrates. *Secondary Metabolites in Soil Ecology Chapter 12* (Ed) Karlovsky P, Berlin, Springer.
- Sun, M., Wang, Y., Song, Z. and Fang, G. (2007). Insecticidal activities and active components of the alcohol extract from green peel of *Juglans mandshurica*. *Journal of Forestry Research*, 18, 62-64.
- Şeref-Gün, S., Çinbilgel, İ., Öz, E. and Çetin, H. (2011). Bazı *Salvia* L. (Labiatae) bitki ekstraktlarının, sivrisinek *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae)'e karşı larva öldürücü aktivitesi. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 17 (Suppl A), 61-65.
- Tan, S., Sagara, Y., Liu, Y., Maher, P. and Schubert, D. (1998). The Regulation of Reactive Oxygen Species Production during Programmed Cell Death. *The Journal of Cell Biology*, 141, 1423-1432.
- Thiboldeaux, R. L., Lindroth, R. L. and Tracy, J. W. (1994). Differential toxicity of juglone (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone) and related naphthoquinones to Saturniid moths. *Journal of Chemical Ecology*, 20, 1631-1641.
- Thiboldeaux, R. L., Lindroth, R. L. and Tracy, J. W. (1998). Effects of juglone (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone) on midgut morphology and glutathione status in Saturniid moth larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 120, 481-487.
- Wadleigh, R. W. and Yu, S. J. (1988). Detoxification of isothiocyanate allelochemicals by glutathione transferase in three lepidoptera species. *Journal of Chemical Ecology*, 14, 1279-1288.
- Wheeler, G. S., Slansky, F. and Yu, S. J. (1993). Fall armyworm sensitivity to flavone: Limited role of constitutive and induced detoxifying enzyme activity. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 645.

- Yu, S. J. (1982). Host plant induction of glutathione-S-transferase in the faal armyworm. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 18, 101-106.
- Yu, S. J. (1987). Quinone reductase of phytophagous insects and its induction by allelochemicals. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 87B, 621-624.
- Yu, S. J. and Abo-Elghar, G. E. (2000). Allelochemicals as Inhibitors of Glutathione S-Transferases in the Fall Armyworm. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 68, 173-183.
- Yu, S. J. and Huang, S. W. (2000). Purification and characterization of glutathione S-transferases from the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 67, 36.

## Bafa Gölü (Aydın)'ndeki Gümüş Balığı (*Atherina boyeri*) Popülasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi

Emine Öykü OFLUOĞLU<sup>1</sup>, Irmak KURTUL<sup>2\*</sup>, Ali İLHAN<sup>3</sup>, Hasan M. SARI<sup>4</sup>

### Öz

Gümüş balığı (*Atherina boyeri* Risso, 1810), doğal olarak denizler ve lagün bölgelerinde yayılış gösteren örihalin bir türdür. Bu tür, balıkçılık amacıyla, resmî kuruluşların bilgisi olmadan doğal göllere ve yapay göletlere de taşınmış ve Türkiye'de, deniz ile doğrudan bağlantısı bulunmayan pek çok göl ve rezervuarda son yıllarda hızla yayılmıştır. Bu çalışmada, Bafa Gölü'nde, Eylül 2018 ve Mayıs 2019'da yapılan örnekleme çalışmalarından elde edilen toplam 2204 adet gümüş balığı bireyinin boy-ağırlık ilişkileri incelenmiştir. Balıkların total boy dağılımı, 5,0-10,7 cm arasında değişim göstermektedir. Ortalama total boy ise  $7,51 \pm 0,023$  cm olarak hesaplanmıştır. Bireylerin toplam ağırlık dağılımı 1,10-10,08 g arası değişim göstermekte olup, ağırlık ortalaması  $3,32 \pm 0,033$  g olarak hesaplanmıştır. Boy-ağırlık ilişkisi eşitliği  $W=0,0082L^{2,9418}$ ,  $sh(b)=0,018$   $r=0,947$  olarak hesaplanmıştır. Bafa Gölü gümüş balığı örneklerinde negatif allometrik büyüme modeli gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atherinidae, istilacı denizel türler, örihalin türler, büyüme parametreleri.

## Length-Weight Relationship of the Sand Smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) Population Distributed in Lake Bafa (Aydın)

### Abstract

Big-scale sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810), is a species of euryhaline that spreads naturally in seas and lagoon areas. This species has also been moved to natural lakes and ponds for fishing purposes without the knowledge of official bodies, and in recent years sand smelt fish have spread rapidly in many lakes and reservoirs in Turkey that are not directly connected to the sea. A total of 2204 individuals of *Atherina boyeri* were studied in terms of size and weight parameters in September 2018 and May 2019 in Bafa Lake. The total size distribution of the fish varied between 5.0-10.7 cm. The average total length was calculated as  $7.51 \pm 0.023$  cm. The total weight distribution of the individuals varied between 1.10-10.08 g and the average weight was calculated as  $3.32 \pm 0.033$  g. The length-weight relationship equation was estimated as  $W=0.0082L^{2.9418}$ ,  $se(b)=0.018$   $r=0.947$  for Bafa Lake. The samples of sand smelt from Bafa Lake showed negative allometric growth.

**Keywords:** Atherinidae, invasive marine species, euryhalin species, growth parameters.

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Bornova/İzmir, Türkiye, oykuofluoglu@hotmail.com

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Bornova/İzmir, Türkiye, irmak.kurtul@gmail.com

<sup>3</sup>Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Bornova/İzmir, Türkiye, ali.ilhan@ege.edu.tr

<sup>4</sup>Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Bornova/İzmir, Türkiye, hasan.sari@ege.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8587-9103>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3566-9172>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-7666-1804>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-1000-514X>

## 1. Giriş

Türkiye, sahip olduğu özgün zoocoğrafyası sebebiyle, tüm canlı gruplarında yüksek çeşitliliğe sahip olduğu gibi tatlısu balık faunası açısından da oldukça zengindir. Türkiye içsularında dağılım gösteren tüm tatlısu balığı faunası üyelerinin sayısı 320'den fazla olup; bu fauna içindeki endemik balıkların sayısı en az 215 olarak bildirilmektedir (Freyhof ve ark., 2014; Çiçek ve ark., 2018). Tatlısularda her geçen gün büyüyen bir tehdit haline gelen istilacı türler, endemik ve yerel faunanın geleceği için yüksek risk taşımaktadır (Copp ve ark., 2005). Bu risk, Anadolu tatlısularında dağılım gösteren yerel ve endemik tatlısu balığı türleri için de geçerlidir (Freyhof ve ark., 2014; Tarkan ve ark., 2015).

Türkiye denizlerinin yerel balık türlerinden biri olan gümüş balığının, *Atherina boyeri*, tatlısu sistemlerinde hızla yayılış gösterdiği belirtilmiştir (Ekmekçi ve ark., 2006). Gümüş balığı, Türkiye iç suları için ciddi bir istilacılık potansiyeline sahip olan, aynı ekosistemi paylaştığı endemik ve ekonomik balık türleri ile rekabete girmesi halinde olumsuz etkilere yol açabileceği belirtilen bir türdür (Ekmekçi ve ark., 2013). Örneğin, Hirfanlı Barajı balık faunası ile ilgili DSİ raporlarında, 1970'li yıllarda gölün baskın balık türünün *Alburnus escherichii* olduğu görülmektedir (DSİ, 2005). Gölde yakın dönemlerde yapılan örnekleme çalışmalarında, 1970'li yıllardaki raporun aksine, gölde bu türün varlığı tespit edilememiştir (Ekmekçi ve ark., 2010). *A. boyeri* ile *A. escherichii* türlerinin her ikisi de pelajik türler olup, ekosistemde benzer nişi paylaşmaktadırlar. Bu endemik türün gölde yaşadığı popülasyon kaybında, istilacı özellikte olduğu bilinen *A. boyeri* türünün baraj gölüne girişinin olumsuz bir etkisi olduğu tahmin edilmektedir (Gençoğlu ve Ekmekçi, 2016).

Gümüş balığının Türkiye'de insan gıdası olarak yaygın tüketimi yoktur, ancak zaman zaman başka ülkelere ihraç edilmektedirler. Bununla birlikte küçük boylu balıklar olduklarından bol miktarda avlandıkları zamanlarda balık unu yapımında kullanılırlar (Geldiay ve Balık, 2007).

*A. boyeri*, Atherinidae familyasının bir üyesi olup dünya üzerinde geniş bir yayılım alanına sahiptir. Atherinidae familyası tropikal bölgelerden ılıman bölgelere kadar dağılım göstermektedir. Akdeniz ve komşu denizlerde yaygın bir tür olup, kuzeydoğu Atlantik'ten, İskoçya'nın kuzeybatı kıyılarına kadar bulunabilir (Bartulovic ve ark., 2004). Akdeniz, Karadeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi, Hazar ve Aral denizlerinde yaşar (Tomasini ve Laugier, 2002). Kıyılarda, nehir ağızlarında, lagünlerde, tuzlu bataklıklarda ve nadir olarak da iç sularda yer alır (Leonardos, 2001). Gümüş balığı, yüksek tuzluluğa sahip deniz sularından tamamen tatlısu özelliğindeki sulara kadar çok farklı tuzluluk seviyelerine sahip ortamlarda yaşayabilir (Altun, 1999) ve geniş bir adaptasyon yeteneğine sahiptir. Yakın dönem çalışmaları, bahsedilen adaptasyon yeteneğinden ötürü türün morfolojik ve biyolojik karakterleri açısından bölgesel olarak büyük çeşitlilikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle daha önceden daha fazla tür çeşitliliğine sahip olduğu zannedilen familyanın, günümüzde bir tek *A.*

*boyeri* türüyle temsil edildiği, yaşanan bu karışıklığın türün farklı bölgelere gösterdiği polimorfizm özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bamber ve Henderson, 1988; Altun, 1999).

Bu tür zooplankton, kabuklular, poliketler ve yumuşakçalar grubu üyeleri ile beslenir (Quignard ve Pras, 1986). *A. boyeri*'nin diyetinde özellikle mysidacea ve isopoda türleri baskın olup, bunların dışında copepoda, herpacticoida ve amphipoda türleri besininin en önemli öğelerini oluşturur (Vizzini ve Mazzola, 2005). Bu türler balık larvaları üzerinden de beslenir. Nehir sistemlerine girdiklerinde, bentik türler üzerinden beslenmeye devam ederler (Muus ve Nieslsen, 1999).

Kısa ömürlü balıklardan olup, yaş dağılımları 0 ile 4+ arasında değişir (Kottelat ve Freyhof, 2007). Literatürde, küçük boylu bir tür olarak kabul görmesine rağmen 20 cm total boya kadar ulaştığı da rapor edilmiştir (Billard, 1997). *A. boyeri*'de seksüel dimorfizm görülmez. Erkek balıklarda üreme döneminin balığın büyüklüğüne göre değiştiği ve küçük boy grubundakilerin üreme döneminin Şubat'tan Ağustos'a kadar uzayabildiği belirtilmiştir (Tomasini ve Laugier, 2002).

Dünyada bu tür hakkında yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Türün popülasyon biyolojisi hakkında yürütülen bazı çalışmalar, bu çalışmaların hangi bölgelerde yürütüldüğü ve çalışmaların kapsamları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Dünyada *A. boyeri* hakkında yürütülmüş bazı çalışmalar.

| Çalışma Bölgesi   | Çalışma konusu                        |
|---|---------------------------------------|
| Guadalquivir Nehri'nde (İspanya) (Fernandez-Delgado ve ark., 1988)        | Yaş, büyüme ve üreme                  |
| Aberthaw Lagünü'nde (Güney Galler) (Creech, 1992)                         | Popülasyon biyolojisi                 |
| Mesolongi ve Etolikon lagünleri (Yunanistan) (Leonardos ve Sinis, 2000)   | Yaş, büyüme, ölüm oranları            |
| Trichonis Gölü (Yunanistan) (Leonardos, 2001)                             | Yaş, büyüme, ölüm, sömürülme oranları |
| Mar Menor Lagünü (İspanya) (Andreu-Soler ve ark., 2003)                   | Yaş, büyüme                           |
| Mala Neretva Nehri haliç bölgesi (Hırvatistan) (Bartulovic ve ark., 2004) | Yaş, büyüme, ölüm ve eşey oranları    |
| Vistonis Gölü, Porto Lagos Lagünü (Yunanistan) (Koutrakis ve ark., 2004)  | Yaş, büyüme, ölüm oranları            |

Bafa Gölü Ege Bölgesi'nde yer alan ve pek çok yerel balıkçının geçim kaynağı durumundaki bir göldür. Gölden *Mugil cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Anguilla anguilla*, *Silurus glanis* ve *Dicentrarchus labrax* gibi ekonomik değeri olan balık türlerinin varlığı önceleri bildirilmiştir olup; gölün balık faunasında meydana gelen değişimler incelenmiş ve yıllar içinde artan tuzluluktan dolayı stenohalin tatlısu türlerinden olan *Acanthobrama mirabilis*, *Chondrostoma nasus*, *Barbus pectoralis*, *Proterorhinus marmoratus* ve *S. glanis* türlerinin ortamdan yok olduğu belirtilmiştir (Sarı ve ark., 1999). Gölde bulunan pek çok balık türü son yıllarda yok olma noktasına gelmiş veya ortamdan tümüyle kaybolmuşlardır (Sarı ve Bilecenoğlu, 2002).

Boy-ağırlık ilişkisi, balık biyolojisi çalışmaları açısından son derece önemlidir (Garcia ve ark., 1989; Haimovici ve Velasco, 2000). Boy-ağırlık ilişkisi balığın boyundan ağırlığının tahmin edilmesine, kondisyon indeksinin hesaplanmasına, farklı habitatlardaki popülasyonların morfolojilerinin ve yaşam süreçlerinin karşılaştırılmasına imkân verir (Petrakis ve Stergiou, 1995).

Bafa Gölü'nde dağılım gösteren gümüş balığı popülasyonunun boy-ağırlık ilişkisi üzerine daha önce yapılmış bir bilimsel çalışma bulunmadığından ve türün tatlısulara istila potansiyelinin yüksek oluşu bilindiğinden dolayı, türün göldeki boy-ağırlık ilişkisini tespit etmenin önemli olduğu düşünülmüş ve bu çalışmada konu hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Araştırma Alanı

Bafa Gölü, Büyük Menderes Nehri deltasının güneydoğu kesiminde, Menteşe Dağları'nın içine sokulmuş bir göldür (Şekil 1). Eski zamanlarda Ege Denizi'nin bir parçası olan bu göl, Büyük Menderes Nehri'nin taşıdığı alüvyonlar sebebiyle, kıyından kilometrelerce içeride kalmıştır. Günümüzde Bafa Gölü, Büyük Menderes Nehri'nin Ege Denizi'ne sularını bıraktığı yerin yaklaşık 17 km uzağında kalmaktadır.



Şekil 1. Bafa Gölü (I. Kurtul, 2019).

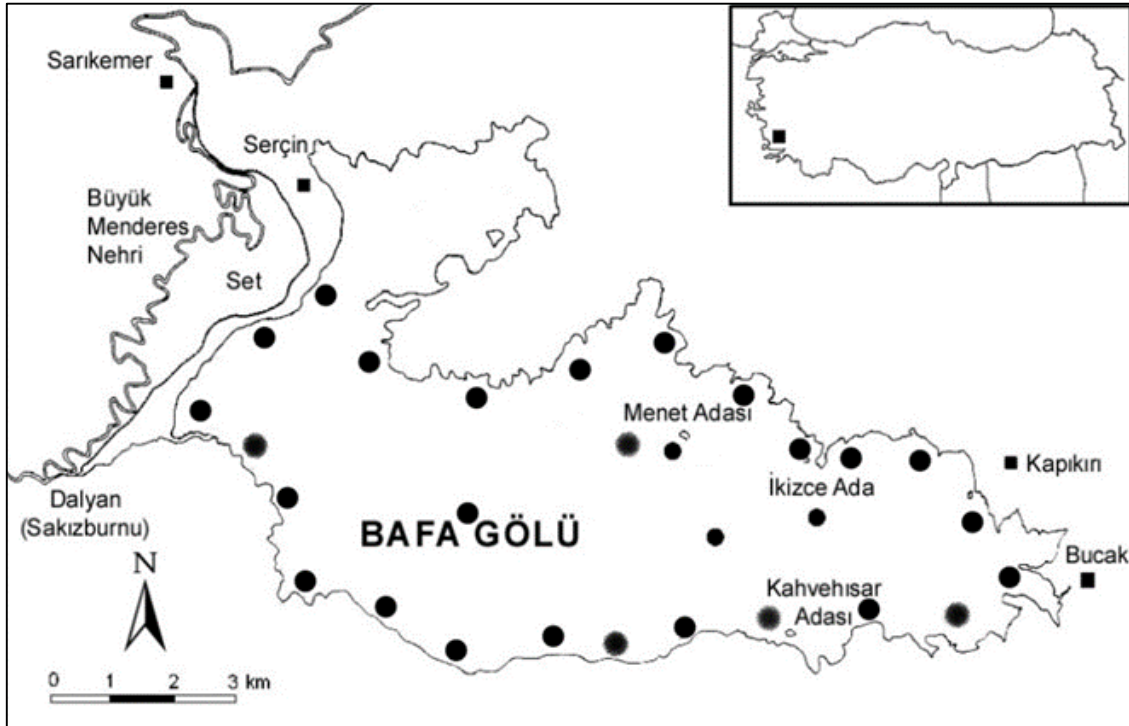
### 2.2. Örneklem Çalışmaları

Arazi çalışmaları sonbahar (Eylül 2018) ve ilkbahar (Mayıs 2019) olmak üzere 2 mevsim örnekleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma boyunca gölden elde edilen tüm bireyler içerisinde 2204 adet birey rastgele seçilerek laboratuvarında incelenmiştir.

Balık örnekleme çalışmalarında 12 farklı göz açıklığına sahip (5-55 mm), toplam 30 m uzunluğunda, derinliği 1,5 m ve her biri 2,5 m uzunluğunda olan, TSE-EN 14757 Standart Balık Örneklem Ağları

kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Bafa Gölü üzerinde örnekleme yapılan istasyonlar Şekil 2’de gösterilmiştir.

Yakalanan balıklar yüksek dozda fenoksietanol (1 ml/L) ile ötenazi yapılarak, % 4’lük formaldehit ile tespit edilmiş ve Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Limnoloji Laboratuvarı’na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerin tür düzeyinde teşhisleri yapılmış ve örnekler morfolojik açıdan incelenmiştir.



Şekil 2. Bafa Gölü’nde çalışılan istasyonlar.

### 2.3. Analizler

Her bir *A. boyeri* bireyinin total boyu  $\pm 0,1$  mm hassasiyetindeki balık ölçüm cetveli ile total ağırlığı ise  $\pm 0,01$  g hassasiyetindeki dijital terazi ile ölçülmüştür. Boy-ağırlık ilişkisini belirlemek için  $W=a*L^b$  denklemi kullanılmıştır (Ricker, 1975). Burada  $W$ : total ağırlık (g),  $L$ : total boy (cm) cinsinden balığın total uzunluğunu,  $a$  ve  $b$ : büyüme sabitlerini ifade etmektedir. Türün hangi büyüme özelliğine sahip olduğunu belirlemek amacıyla t-testi yapılmış ve  $t_s=(b-3)/(sh(b))$  eşitliğinden yararlanılmıştır (Sokal ve Rohlf, 1987). Analiz işlemlerinde Statistica Programı kullanılmıştır.

### 3. Bulgular

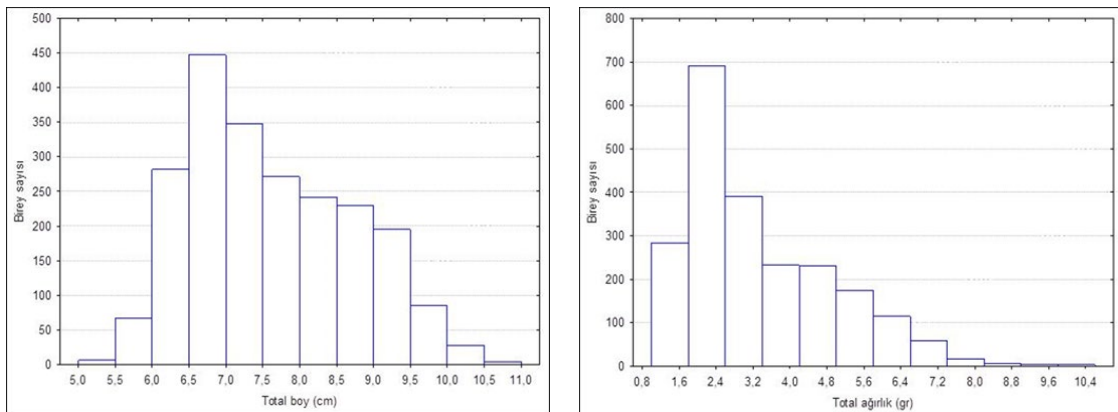
#### 3.1. Boy ve ağırlık dağılımı

Örneklenen 2204 adet *A. boyeri*'nin total boy dağılımı incelendiğinde tüm bireylerin 5,0-10,7 cm arasında boy dağılımı gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm bireyler içerisinde en kalabalık boy grubu %20,28'lik oranla 6,5-6,9 cm arasında dağılım gösteren boy grubu olurken; en az birey sayısının gözlemlendiği boy grubu %0,18'lik oranla 10,5-10,9 cm uzunluğundaki bireylerin olduğu boy grubudur (Tablo 2).

**Tablo 2.** *A. boyeri*'nin total boy dağılımı (cm).

| Boy sınıfı    | N           | %N            |
|---------------|-------------|---------------|
| 5,0-5,4       | 6           | 0,27          |
| 5,5-5,9       | 67          | 3,04          |
| 6,0-6,4       | 282         | 12,79         |
| 6,5-6,9       | 447         | 20,28         |
| 7,0-7,4       | 348         | 15,79         |
| 7,5-7,9       | 271         | 12,30         |
| 8,0-8,4       | 242         | 10,98         |
| 8,5-8,9       | 229         | 10,39         |
| 9,0-9,4       | 195         | 8,85          |
| 9,5-9,9       | 85          | 3,86          |
| 10,0-10,4     | 28          | 1,27          |
| 10,5-10,9     | 4           | 0,18          |
| <b>Toplam</b> | <b>2204</b> | <b>100,00</b> |

Tüm bireylerin total ağırlığının 1,00-10,59 gr arasında değişmekte olduğu tespit edilmiş olup, türün Bafa Gölü popülasyonunun total boy dağılım grafiği ve total ağırlık dağılım grafiği Şekil 3'te sunulmuştur (Şekil 3).

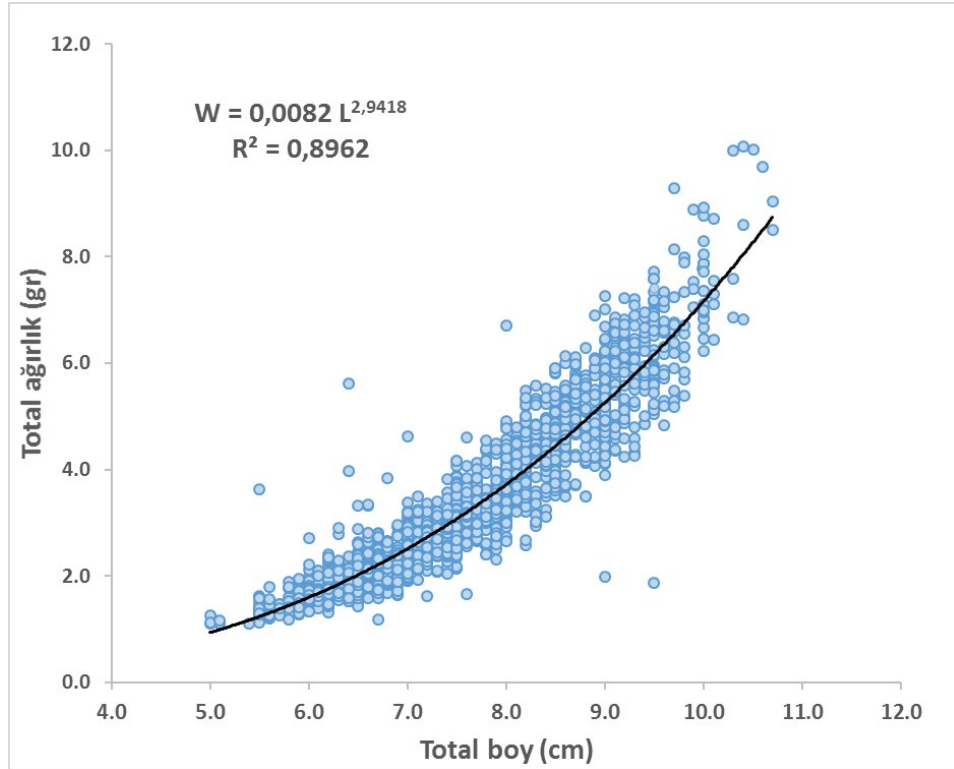


**Şekil 3.** *A. boyeri*'nin total boy (solda) ve total ağırlık (sağda) dağılımları.



### 3.2. Boy-ağırlık ilişkisi

Bafa Gölü'nden yakalanan gümüş balığı örneklerinin tüm bireyler için boy-ağırlık ilişkisi  $W=0,0082L^{2,9418}$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Çalışmada regresyon eşitliği parametreleri ve korelasyon katsayısı  $a=0,0082$ ,  $b=2,9418$ ,  $r=0,947$  olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Bafa Gölü *A. boyeri* popülasyonunun boy-ağırlık ilişkisi.

Örneklemeden elde edilen bireylerin büyüme tipi için yapılan t-testine sonucunda, Bafa Gölü *A. boyeri* bireylerinin negatif allometrik özellik gösterdiği tespit edilmiştir ( $t = 3.233 < t_{0.05, 2204} = 1.65$ ).

### 4. Tartışma ve Sonuç

Doğal dağılım alanı denizler ve denizlerle bağlantılı lagünler olan *A. boyeri*'nin, Türkiye tatlısu sistemlerindeki yayılımı hızla genişletmekte ve bu türler yeni sucul sistemlere girmektedir. *A. boyeri*, Türkiye tatlısuları için doğal olmayan bir tür olup, pek çok göl ve nehir sisteminde popülasyonlar oluşturmuştur. *A. boyeri* türünün tatlısu sistemlerindeki yaygın dağılımı sadece endemik türler için değil, ekonomik açıdan önemli türler için de ciddi bir ekolojik risk oluşturmaktadır.

Bu çalışma, *A. boyeri*'nin Bafa Gölü'nde kaydedilmiş ilk boy-ağırlık ilişkisi bulgusunu içermektedir. Ayrıca hem nitel hem de nicel açıdan sahip olduğu zengin balık çeşitliliği risk altında

olan Bafa Gölü'nün, gölün doğal balık faunasına zarar verme olasılığı olan *A. boyeri* istilacısının da varlığına maruz kaldığı, gölde yapılan yoğun örnekleme çalışmaları ile tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen örneklerin total boyları 5,0-10,7 cm arasında; total ağırlıkları ise 1,10-10,08 g arasında değişim göstermiştir. Boy değerleri açısından bakıldığında, bu çalışmadan elde edilen türün maksimum boy uzunluğu ile diğer çalışmalardan elde edilen maksimum boy uzunlukları benzer olarak bulunmuştur (Tablo 3).

**Tablo 3.** Farklı lokalitelerdeki *A. boyeri* popülasyonunun boy (cm) ve ağırlık (g) dağılımları.

| Lokalite  | Eşey | n    | Boy | Boy dağılımı (cm) | Ağırlık dağılımı (g) |
|---|------|------|-----|-------------------|----------------------|
| Homa Lagünü (Sezen, 2005)                       | D+E  | 1640 | TB  | 2,4-10,3          | 0,08-8,11            |
| Hirfanlı Baraj Gölü (Gençoğlu ve Ekmekçi, 2016) | D+E  | 621  | TB  | 0,57-11,56        | 0,001-10,48          |
| Homa Lagünü (Acarlı ve ark., 2014)              | D+E  | 103  | TB  | 3,4-10,6          | 0,29-8,40            |
| Bayramiç Barajı (Partal ve ark., 2019)          | D+E  | 98   | ÇB  | 2,4-8,8           | 0,06-4,31            |
| <i>Bu çalışma</i>                               | D+E  | 2204 | TB  | 5,0-10,7          | 1,10-10,08           |

TB: Total boy, ÇB: Çatal boy.

Bununla birlikte, özellikle minimum boy uzunlukları arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yaşanan farklılığın temel sebebi, örneklemede kullanılan araç-gereçleri, avcılık yönteminden ya da örnekleme periyodundan kaynaklanmış olabilir. Örneğin, Hirfanlı Baraj Gölü'nde yapılan çalışmada, örnekleme çalışmaları 13 ay boyunca sürdürülmüş olup; türün üreme dönemi boyunca da birey temin edilmiştir (Gençoğlu ve Ekmekçi, 2016). Örneklemenin tüm bir yılı kapsamı sebebi ile larval bireylerin de çalışma süresince yakalanması mümkün olduğu düşünülmektedir.

Türün boy-ağırlık ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda, bu çalışmaya benzer bulgular bildirilmiştir (Tablo 4). Daha önce yapılan çalışmalarda tür için hesaplanan  $a$  değeri 0,000002-0,0159;  $b$  değeri 2,660-3,310 arasında değişmekte olup; bu çalışmada bulunan değerler diğer çalışmalardaki aralıklar içerisinde tespit edilmiştir. Çalışmada, türün boy ve ağırlığı arasındaki ilişki kuvvetli olarak bulunmuştur.

Türün Türkiye'de dağılım gösterdiği pek çok sucül ortamdaki popülasyonun büyüme özelliği pozitif allometrik olarak tespit edilmiş olup (Tarkan ve ark., 2006; Kırnkaya ve ark., 2014; Partal ve ark., 2019); bu çalışmada ise negatif allometrik büyüme özelliğine sahip olduğu bulunmuştur. Türün Türkiye sularında bu çalışmayla benzer olarak negatif allometrik büyüme özelliği gösterdiği başka sucül alanların sayısı az da olsa bulunmaktadır (Tarkan ve ark., 2006; Acarlı ve ark., 2014). Aynı türe ait popülasyonların farklı lokalitelerinde tespit edilen büyüme modeli farklılığı, lokalitenin verimliliği, cinsiyet ve birey sayısı, örnekleme zamanı, mide doluluğu gibi nedenlerden olabilmektedir (Tesch, 1971).

**Tablo 4.** Farklı lokalitelerdeki *A. boyeri* popülasyonunun boy-ağırlık ilişkisi parametreleri.

| Lokalite   | n    | a        | b     | sh(b) | r     | BT |
|--|------|----------|-------|-------|-------|----|
| Mesolongi ve Etolikon lagünleri, Yunanistan (Leonardos ve Sinis, 2000) | 426  | 0,0042   | 3,150 | -     | 0,950 | A+ |
| Mala Neretva Nehri, Hırvatistan (Bartulovic ve ark., 2004)             | 1200 | 0,00682  | 3,181 | 0,289 | 0,986 | -  |
| Vistonis Gölü, Yunanistan (Koutrakis ve ark., 2004)                    | 1056 | 0,000002 | 3,220 | -     | 0,980 | A+ |
| Hirfanlı Baraj Gölü (Gençoğlu ve Ekmekçi, 2016) (♀)                    | 288  | 0,000002 | 3,293 | 0,025 | 0,976 | A+ |
| Hirfanlı Baraj Gölü (Gençoğlu ve Ekmekçi, 2016) (♂)                    | 264  | 0,000002 | 3,232 | 0,013 | 0,978 | A+ |
| Homa Lagünü (Sezen, 2005)  | 1640 | 0,0052   | 3,085 | -     | 0,995 | -  |
| İznik Gölü (Özeren, 2009)  | 922  | 0,0040   | 3,209 | -     | 0,978 | -  |
| Marmara Gölü (İlhan ve Sarı, 2015)                                     | 101  | 0,0084   | 2,908 | 0,050 | 0,971 | A+ |
| Eğirdir Gölü (Bostancı ve ark., 2014)                                  | 182  | 0,000002 | 3,254 | -     | 0,944 | -  |
| Homa Lagünü (Acarlı ve ark., 2014)                                     | 103  | 0,0070   | 2,963 | 0,005 | 0,999 | A- |
| Ömerli Baraj Gölü (Tarkan ve ark., 2006)                               | 442  | 0,0159   | 2,660 | 0,189 | 0,826 | A- |
| Küçük Çekmece Gölü (Tarkan ve ark., 2006)                              | 15   | 0,0035   | 3,310 | 0,139 | 0,992 | A+ |
| Hirfanlı Baraj Gölü (Kırankaya ve ark., 2014)                          | 323  | 0,0040   | 3,238 | 0,034 | 0,970 | A+ |
| Bayramiç Barajı (Partal ve ark., 2019)                                 | 98   | 0,0044   | 3,255 | 0,070 | 0,993 | A+ |
| Marmara Gölü (İlhan ve İlhan, 2018)                                    | 185  | 0,0059   | 3,118 | 0,068 | 0,920 | A+ |
| Homa Lagünü (İlhan ve İlhan, 2018)                                     | 172  | 0,0077   | 2,925 | 0,062 | 0,929 | I  |
| <i>Bu çalışma</i>  | 2204 | 0,0082   | 2,941 | 0,018 | 0,947 | A- |

*a* ve *b*: Regresyon parametreleri, *sh(b)*: Eğimin standart hatası, *r*: Korelasyon katsayısı, *BT*: Büyüme tipi, *A+*: Pozitif allometrik, *A-*: Negatif allometrik, *I*: İzometrik.

Örihalin bir tür olan *A. boyeri* türünün, Köyceğiz, Sapanca, İznik, Küçükçekmece ve Büyükçekmece, Eğirdir, Marmara, Bafra Balık gölleri ile Hirfanlı ve Kapulukaya baraj gölleri gibi Türkiye'nin büyük yüz ölçümlü göllerinde popülasyon oluşturduğu bilinmektedir (Kuru ve ark., 2001; Geldiay ve Balık, 2007; Polat ve Uğurlu, 2007; Özeren, 2009; Küçük ve ark., 2012; İlhan ve Sarı, 2013; Bostancı ve ark., 2014; Kırankaya ve ark., 2014; Saç ve ark., 2016). Yapılan çalışmada iki mevsim örneklemede elde edilen toplam *A. boyeri* bireyi sayısı ( $n > 10,000$ ); türün Bafa Gölü'nde de son derece büyük bir popülasyon oluşturabildiğinin göstergesidir.

Türkiye'de henüz insan gıdası olarak değerlendirilmediklerinden, türün üzerindeki av baskısı azdır. Bu nedenle *A. boyeri*, Türkiye'nin pek çok tatlısu kaynağında olduğu gibi henüz Bafa Gölü'nün ticari bir balık türü değildir. Türün, zaman zaman çeşitli Avrupa ülkelerine ihraç edilmeleri, popülasyonları üzerinde nispi bir av baskısı oluşturmakta ve beraberinde Türkiye için ticari bir değer yaratmaktadır.

Bu balıklar, göllerdeki bazı predatör türler için besin kaynağı olmaları yönüyle önem arz etseler de; beslenmelerinde küçük krustaseler, kurtlar ve yumuşakçaların yanı sıra balık larvalarının da yer alması göllerin doğal balık stokları için olumsuzluk yaratabilmektedir. Bu nedenle türün Türkiye'de tüketimi talep edilen bir tür haline getirilmesi için çeşitli çalışılmalar yapılması, türün balık unu veya sofralık balık olarak işlenmesinin teşvik edilmesi ve türün ihracat miktarını arttırmak için çeşitli girişimlerde bulunulması; Türkiye için hem yeni ve zengin bir protein kaynağı yaratmış olacak, hem ülkeye ekonomik katkı sağlayacak, hem de türün istilacı özelliğinden dolayı yerli fauna üzerinde yarattığı baskı bir ölçüde sınırlandırılabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen “Değişen Ekolojik Koşulların Bağa Gölü Balık Popülasyonlarına ve Balıkçılığa Etkisi” başlıklı (2018/SAUM/001 numaralı) araştırmadan elde edilen örneklerin incelenmesi kapsamında yürütülmüş olup, makale yazarlarından Emine Öykü OFLUOĞLU’nun Lisans Tezi çalışmasının bir kısmını içermektedir. Projemiz için Ege Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu’ndan etik izin belgesi alınmıştır (Sayı No: 2018-043). Projeye gerekli yasal izinleri veren T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı’na ve projemize fon sağlayan Ege Üniversitesi’ne teşekkür ederiz.

## Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Acarlı, D., Kara, A., and Bayhan, B. (2014). Length-weight relations for 29 fish species from Homa Lagoon, Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(3), 249–257.
- Altun, Ö. (1999). Morphological variations observed on the sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) populations. *Turkish Journal of Zoology*, 23(3), 911-918.
- Andreu-Soler, A., Oliva-Paterna, F. J., Fernandez-Delgado, C., and Torralva, M. (2003). Age and growth of the sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 202-208.
- Bamber, R. N., and Henderson, P. A. (1988). Pre-adaptive plasticity in atherinids and the estuarine seat of teleost evolution. *Journal of Fish Biology*, 33 (Supplement A), 17-23.
- Bartulovic, V., Glamuzina B., Conides A., Dulcic J., Lucic, D., Njire J., and Kozul, V. (2004). Age, growth, mortality and sex ratio of sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (middle-eastern Adriatic, Croatia). *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 427-430.
- Billard, R. (1997). *Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces*. Lausanne, Delachaux & Niestlé, 192.
- Bostancı, D., Apaydın Yağcı, M., Konaş, S., Kurucu, G., ve Polat, N. (2014). İstilacı bir tür *Atherina boyeri* Risso, 1810’nin Eğirdir Gölü popülasyonunda morfometrik ve bazı kemiksi yapıların biyometrik özellikleri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1), 1-11.

- Copp, G. H., Kováč, V., Ojaveer, H., and Rosenthal, H. (2005). The introduction, establishment, dispersal and impact of introduced non-native fishes. *Journal Applied of Ichthyology*, Blackwell Verlag Berlin 21, 241.
- Creech, S. (1992). A study of the population of *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Aberthaw Lagoon, on the Bristol Channel, in South Wales, *Journal of Fish Biology*, 41, 277-286.
- Çiçek, E., Fricke, R., Sungur, S., and Eagderi, E. (2018). Endemic freshwater fishes of Turkey. *FishTaxa*, 3 (4), 1-39.
- DSI. (2005). *Hirfanlı ve Kesikköprü Baraj Gölleri ve Havzalarında Kirlilik Araştırması*. Ankara, Turkey: General Directorate of State Hydraulic Works (in Turkish).
- Ekmekçi, F. G., Kırankaya, Ş. G., ve Turan, D. (2006, Eylül). Türkiye iç sularında yayılış alanı genişleyen bir balık türü: *Atherina boyeri*, Risso 1810. *II. Ulusal Limnoloji Çalıştayı*, Sinop.
- Ekmekçi, F. G., Kırankaya, Ş. G., Gençoğlu, L., ve Yoğurtçuoğlu, B. (2013). Türkiye içsularındaki istilacı balıkların güncel durumu ve istilanın etkilerinin değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 28, 105-140.
- Ekmekçi, F. G., Yalçın Özdilek Ş., ve Kırankaya, Ş. G. (2010). *İstilacı bir balık türü olan Pseudorasbora parva (Temminck & Schlegel, 1846)'nın Hirfanlı Baraj Gölü'ndeki popülasyonunun üreme, beslenme ve büyüme özelliklerinin belirlenmesi*. TÜBİTAK-TOVAG Project Report (No: 107O718). Ankara, Turkey: TÜBİTAK (in Turkish).
- Fernandez-Delgado, C., Hernando, J. A., Herrera, M., and Bellido, M. (1988). Life history patterns of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the estuary of the Guadalquivir River, Spain, Estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 27, 697-706.
- Freyhof, J., Ekmekçi, F. G., Ali, A., Khamees, N. R., and Özuluğ, M. (2014). *Freshwater Fishes. In : The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean*. Smith, K. G., Barrios, V., Darwall, W. R. T. & Numa, C. (Eds.), Cambridge (UK), Malaga (Spain) and Gland (Switzerland) : IUCN.
- Garcia, C. B., Buarte J. O., Sandoval, N., Von Schiller, D., and Mello, N. P. (1989). Length-weight relationships of demersal fishes from The Gulf of Salamanca, Colombia. *Fishbyte*, 21, 30-32.
- Geldiay, R., ve Balık, S. (2007). *Türkiye Tathisu Balıkları*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 46, Ders Kitabı Dizini No: 16, Bornova-İzmir 644 s.
- Gençoğlu, L., and Ekmekçi, F. G. (2016). Growth and reproduction of a marine fish, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in a freshwater ecosystem. *Turkish Journal of Zoology*, 40(4), 1-9.
- Haimovici, M., and Velasco, G. (2000). Length-weight relationship of marine fishes from southern Brazil. *The ICLARM Quarterly*, 23(1), 14-16.
- İlhan, A., ve İlhan, D. (2018). Marmara Gölü (Manisa) ve Homa Lagünü (İzmir)'nden yakalanan gümüş balığı (*Atherina boyeri* Risso, 1810)'nın boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyonu. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 25-34.
- İlhan, A., ve Sarı, H. M. (2013). Marmara Gölü balık faunası ve balıkçılık faaliyetleri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30(4), 187-191.
- İlhan, A., and Sarı, H. M. (2015). Length-weight relationships of fish species in Marmara Lake, West Anatolia, Turkey. *Croatian Journal of Fisheries*, 73(1), 30-32. <http://dx.doi.org/10.14798/73.1.784>
- Kırankaya, Ş. G., Ekmekçi, F. G., Yalçın-Özdilek, Ş., Yoğurtçuoğlu, B., and Gençoğlu, L. (2014). Condition, length-weight and length-length relationships for five fish species from Hirfanlı Reservoir, Turkey. *Journal of Fisheries Sciences.com* 8(3), 208-213. DOI: 10.3153/jfsc.com.201426
- Koutrakis, E. T., Kamidis, N. I., and Leonardos, I. D. (2004). Age, growth and mortality of a semi-isolated lagoon population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces: Atherinidae) in an estuarine system of northern Greece. *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 382-388.
- Kuru, M., Balık, S., Ustaoglu, M.R., Ünlü, E., Taşkavak, E., Gül, A., Yılmaz, M., Sarı, H.M., Küçük, F., Kutrup, B., ve Hamalosmanoğlu, M. (2001). *Türkiye'de Bulunan Sulak Alanların Ramsar Sözleşmesi Balık Kriterlerine Göre Değerlendirilme Raporu*. T.C. Çevre Bakanlığı, Vakfi Yayımları, Ankara.
- Küçük, F., Güçlü, S. S., Güllü, İ., Güçlü, Z., Çiçek, N. L., and Diken, G. (2012). Reproductive features of big Scale-sand Smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), an exotic fish in Lake Eğirdir (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 729-733.
- Kottelat, M., and Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland, 646.
- Leonardos, I. (2001). Ecology and Exploitation Pattern of a Landlocked Population of Sand Smelt, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in Trichonis Lake (western Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 17, 262-266.
- Leonardos, I., and Sinis, A. (2000). Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece), *Fisheries Research*, 45, 81-91.

- Muus, B. J., and Nielsen, J. G. (1999). *Sea Fish*. Scandinavian Fishing Year Book, Hedehusene, Denmark, 340.
- Özeren, S. C. (2009). Age, Growth and Reproductive Biology of the Sand Smelt *Atherina boyeri*, Risso 1810 (Pisces: Atherinidae) in Lake İznik, Turkey. *Journal of Fisheries International*, 4(2), 34-39.
- Quignard, J. P., and Pras, A. (1986). *Atherinidae*. p. 1207-1210. In P.J.P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris. Vol. 3.
- Partal, N., Özdilek, Ş. Y., and Ekmekçi, F. G. (2019). The Introduction of a Marine Species *Atherina boyeri* into Bayramiç Reservoir, Çanakkale. *Natural and Engineering Sciences*, 4(2), 141-152.
- Petrakis, G., and Stergiou, K. I. (1995). Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fisheries Research*, 21, 465-469.
- Polat, N., ve Uğurlu, S. (2007). *Samsun İli Tatlı Su Balık Faunası*. Ladik Doğayı ve Çevreyi Koruma Derneği, Samsun.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.
- Saç, G., Aydoğan, K., Özuluğ, O., and Özuluğ, M. (2016). Resettlement of *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Büyükçekmece Reservoir (İstanbul, Turkey). *FishTaxa*, 1(1), 27-28.
- Sarı H. M., and Bilecenoğlu, M. (2002). Threatened fishes of the world: *Acanthobrama mirabilis* Ladiges, 1960 (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes*, 65, 318.
- Sarı, H. M., Balık, S., Bilecenoğlu, M., and Türe, G. (1999). Recent change in the fish fauna of Lake Bafa, Aegean region of Turkey. *Zoology in the Middle East*, 18, 67-76.
- Sezen, B. (2005). *İzmir Homa Lagünü Gümüş Balığı (Atherina boyeri Risso, 1810) Populasyonunun Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 70.
- Sokal, R. R., and Rohlf, F. J. (1987). *Introduction to Biostatistics* (2 nd Edition). Freeman, New York, 363.
- Tarkan, A. S., Marr, S. M., and Ekmekçi, F. G. (2015). Non-native and translocated freshwater fish species in Turkey. *Fishes in Mediterranean Environments*, 3, 28.
- Tarkan, A. S., Gaygusuz, Ö., Acıpınar, H., Gürsoy, Ç., and Özuluğ, M. (2006). Length-weight relationship of fishes from the Marmara region (NW-Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 271-273.
- Tesch, F. W. (1971). *Age and growth*. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. W. E. Ricker (Ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 99-130.
- Tomasini, J. A., and Laugier, T. (2002). Male reproductive strategy and reserve allocation in sand smelt from brackish lagoons of southern France. *Journal of Fish Biology*, 60, 521-531.
- Vizzini, S., and Mazzola, A. (2005). Feeding ecology of the sand smelt *Atherina boyeri* (Risso 1810) (Osteichthyes, Atherinidae) in the western Mediterranean: evidence for spatial variability based on stable carbon and nitrogen isotopes. *Environmental Biology of Fishes*, 72, 259-266.

## Connectivity is Vitally Important in a Fragmented Forest Ecosystem to Sustain Biodiversity: An Analysis for Rize

Huriye Simten SÜTÜNÇ<sup>1\*</sup>, Ömer Lütfü ÇORBACI<sup>2</sup>

### Abstract

Forests are the leading ecosystems that are under threat due to the pressure of global change. Being under pressure for a forest ecosystem means fragmented and isolated habitats, decrease in biodiversity and change in the landscape. In recent years, restoring landscape connectivity by minimising landscape fragmentation has been recognised as a key strategy to conserve biodiversity. Well-connected habitat networks are thought to both protect existing populations and help adaptation under climate change. It is therefore priority to understand how best to maintain and develop connectivity in fragmented landscapes at multiple spatial scales for effective conservation of forest biodiversity. In this study, fragmentation analysis was performed using area, edge, and isolation metrics in the forest matrix in the Rize landscape and connectivity corridors were interpreted to manage the impact of this fragmentation on species and habitats. The fragmentation analysis was carried out on 3 classes as broad-leaved, coniferous, and mixed using land cover/land use data with the years 1990-2018. The connectivity corridors between these classes were analysed using core area data and resistance maps. According to the results; it was observed that fragmentation in broad-leaved and coniferous classes and an increase in mixed forest class. In the connectivity analysis it was observed that the limiting effects arising from human activities increased more in 2018 compared to 1990. The results of this study showed that in a fragmented forest matrix, connectivity corridors can be identified and reconstructed the conditions necessary for the survival of biodiversity

**Keywords:** Landscape planning, Landscape corridors, Forest ecosystem, Landscape connectivity, Fragmentation, Biodiversity.

## Parçalanmış Bir Orman Ekosisteminde Biyoçeşitliliği Desteklemek İçin Bağlantılılık Yaşamsal Bir Öneme Sahiptir: Rize İçin Bir Analiz

### Öz

Küresel değişim baskısı nedeniyle tehdit altında olan ekosistemlerin başında ormanlar yer almaktadır. Orman ekosisteminin baskı altında olması, parçalanmış ve izole olmuş habitatların oluşması, biyoçeşitliliğin azalması ve peyzajın değişmesi anlamına gelmektedir. Son yıllarda, peyzaj parçalanmasının en aza indirilerek peyzaj bağlantısının yeniden sağlanması, biyolojik çeşitliliği korumaya yönelik anahtar bir strateji olarak kabul görmüştür. Aralarında iyi bağlantı kuran habitat ağlarının hem mevcut popülasyonları koruduğu hem de iklim değişikliği altında adaptasyona yardımcı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle orman biyoçeşitliliğinin etkili bir şekilde korunması için birden çok mekânsal ölçekte parçalanmış peyzajlarda bağlantının en iyi nasıl korunacağını ve geliştirileceğini anlamak önceliklidir. Bu çalışmada, Rize peyzajındaki orman matrisinde alan, kenar ve izolasyon metrikleri kullanılarak parçalanma analizi yapılmış ve bu parçalanmanın türler ve habitatlar üzerindeki etkisini yönetmek amacıyla bağlantı koridorları yorumlanmıştır. Parçalanma analizi, 1990-2018 yıllarını kapsayan arazi örtüsü/arazi kullanımı verisi kullanılarak geniş yapraklı, iğne yapraklı ve karışık olmak üzere 3 sınıf üzerinde yapılmıştır. Bu sınıfların birbirleri arasındaki bağlantı koridorları ise çekirdek alan ve direnç haritaları kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlara göre; geniş yapraklı ve iğne yapraklı orman sınıflarında parçalanma olduğu, karışık orman sınıfında ise artış olduğu gözlenmiştir. Bağlantılılık analizinde ise, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sınırlayıcı etkilerin 1990 yılına göre 2018 yılında daha da arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, parçalanmış bir orman matrisinin, bağlantı koridorları tespit edilerek biyolojik çeşitliliğin ve türlerin devamı için gerekli olan şartların yeniden yapılandırılabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Peyzaj planlama, Peyzaj koridorları, Orman ekosistemi, Peyzaj bağlantılılığı, Parçalanma, Biyolojik çeşitlilik

This study was presented as abstract at 2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Turkey, 18-20 November 2020

<sup>1</sup>Siirt University, Faculty of Agriculture Department of Landscape Architecture, Siirt, Turkey, simten.sutunc@siirt.edu.tr

<sup>2</sup>Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture Department of Landscape Architecture, Rize, Turkey, omerlutfu.corbaci@erdogan.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0149-9953> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8763-3163>

## 1. Introduction

Forest fragmentation alters not only the dynamics and biological cycles of the forest stand, but also the microclimate within forest patches, promoting the reproduction, and growth of invasive and pioneer species (Alohou, Gbemavo, Mensah, & Ouinsavi, 2017; Liu et al., 2019). Most of the recent studies (Fynn & Campbell, 2019; Kang & Choi, 2013) show that fragmentation creates edges by increasing isolation and has serious impacts on natural ecosystems/habitats by reducing the core areas of the habitat. The process of forest fragmentation caused by human activities such as transformation of forests into agricultural areas and urbanisation is considered to be the most important factor contributing to the reduction and extinction of species diversity worldwide (Bogaert et al., 2011; Forman, 1995). The three main effects of forest fragmentation are reduction in size (areal) of remaining forest patches, loss of connectivity with increased isolation, and increased edge effects (Ewers & Didham, 2006; Forman, 1995; Saunders, Hobbs, & Margules, 1991; Zurita, Pe'er, Bellocq, & Hansbauer, 2012). Therefore, forest fragmentation indices/metrics serve as spatial indicators for assessing the health of forest ecosystems and are considered biodiversity indicators (García-Gigorro & Saura, 2005). At the same time, these indices/metrics are important for assessing whether critical components/functions of forests are maintained over time (Bogaert et al., 2008; McGarigal & Cushman, 2002). Studies on the effects of forest fragmentation (Liu et al., 2019; Peh, Yangchen, Luke, Foster, & Turner, 2014; Zipkin, DeWan, & Andrew Royle, 2009) show that the effects can be divided into three main groups: 1) Area effects, 2) Edge effects, 3) Isolation effects.

On motile organisms, such as forest species (rare species), trees that are sparsely or irregularly distributed in the forest, and many invertebrates, are not included in the areas remaining after fragmentation when large patches in the forest are divided into smaller fragments (Wilcox & Murphy, 1985). Species that require large areas of habitat (large animals, carnivores, etc.) are vulnerable to the reduction in habitat areas caused by forest fragmentation and may disappear completely from forest habitat when food or other resources are insufficient to feed them (Wilkinson, Marshall, French, & Hayman, 2018; Zipkin et al., 2009; Zuidema, Sayer, & Dijkman, 1996). This causes the loss of biological diversity. Even smaller species can be affected by the fragmentation of forest areas and their areal reduction in size. Other surviving species may split up into smaller populations over time, leaving them vulnerable to ecological changes such as disease (Laurance, Ferreira, Rankin-de Merona, & Laurance, 1998). Smaller forests are mean less environmental changes and the presence of a large number of species. A proportional change in the nature of natural regimes and regeneration processes is among the spatial effects of forest fragmentation (Laurance et al., 1998). Another important effect of forest fragmentation is from the creation of interfaces in non-forest environment. These interfaces are associated with environmental gradients resulting from forest edge exposure to



winds and increased solar radiation (Camargo & Kapos, 1995). Physical gradients lead to crown formation, biomass and nutrient cycling, regeneration, and ecological processes that can affect native species. Fragmentation also causes the frequency of forest patch edges to increase. Edge effects are observed when two different types of land cover are adjacent and both types are sufficiently different in structure (Forman, 1995). The magnitude of the edge effect in forest fragments can be strongly influenced by the land cover characteristics and matrix characteristics of other surrounding landscapes. Since the edge effect is a dynamic structure, its scope and size also varies over time (Forman, 1995; Kolasa & Zalewski, 1995). Measuring these effects provides an understanding of the human effects on the landscape. Other main effects of forest fragmentation are seen by the separation of forest fragments both from each other and from large fragments (isolation). Thus isolation reduces the movement of species that cannot cross non-forest areas and other species that depend on these species for dispersal. Reduced movement and dispersal also increase the likelihood of local extinction of individual species as it means a source of colonisation and a lack of breeding structure. Isolation of fragments also negatively affects the genetic affinity of some trees by reducing the width of the local gene pool for cross/fertilisation (Nason, Alrich, & Hamrick, 1997). Although the responses to all these impacts differ between species, it makes it easy to make predictions about the potential impacts of fragmentation on any particular forest ecosystem. One of the strategies implemented to restore the link between habitats, species, and patches in the management of fragmented landscapes is the creation of landscape connectivity corridors (Brudvig, Damschen, Tewksbury, Haddad, & Levey, 2009). Landscape connectivity is defined as the degree to which the landscape facilitates or inhibits movement between source patches (Taylor, Fahrig, Henein, & Merriam, 1993). Connectivity is considered as a key issue for preserving biodiversity and maintaining the stability and integrity of natural ecosystems (Alohou et al., 2017; Benitez-Malvido & Arroyo-Rodríguez, 2008; Bogaert et al., 2011; Damschen et al., 2019; Damschen, Haddad, Orrock, Tewksbury, & Levey, 2006).

In recent years, the destruction of the forest ecosystem, which is under pressure by human interventions, has been the pioneer of natural disasters of different scales in Rize. For this reason, analysing the fragmentation situation in the forest ecosystem in Rize province, maintaining the ecological flow and minimising possible natural disasters by ensuring the connection between the fragmented/isolated regions is an important issue. In this study, the fragmentation in the forest matrix in the Rize landscape was measured using area, edge, and isolation metrics and the connectivity corridors were analysed in order to manage the impact of this fragmentation on the species and habitat. In the study, the fragmentation process that occurred in forest matrix (broad-leaved, coniferous, and mixed) between two different years was analysed by using the land cover/land use data 1990-2018. In the analysis, total of 9 metrics was used, 4 from area metrics, 2 from edge metrics, and 3 from isolation metrics. As a result of the analysis, fragmentation was observed in broad-leaved,

and coniferous classes in the forest matrix, and an increase in the percentage values of the mixed forest class both in the class area and in the landscape was detected. In terms of connectivity, potential connectivity in 1990 further limited the linkage of species in the landscape by 2018 due to changes in land cover/land use. The holistic evaluation of the methods applied in this study will contribute to the establishment of a conceptual framework in planning and management studies to be applied for the continuity of biological diversity by clarifying the relationship between forest fragmentation and landscape connectivity.

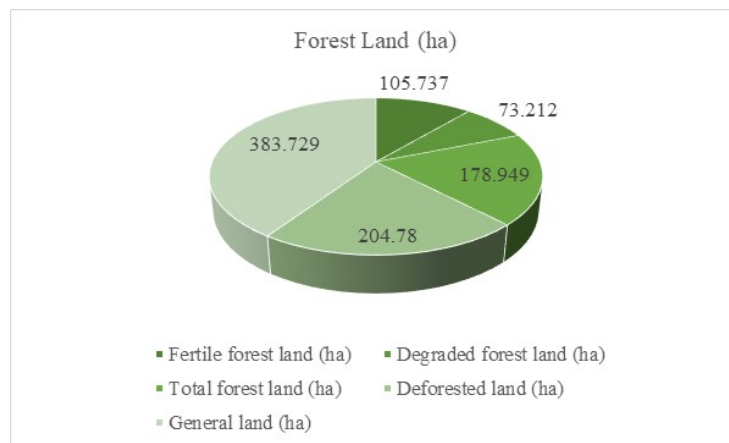
## 2. Materials and Methods

### 2.1. Material

Rize is located in the Eastern Black Sea Region of Turkey, at 41.0255 north, and 40.5177 south latitudes (Figure 1). The total forest area of the province is 178.949 ha and 105.737 ha of this area is defined as fertile forest area (OGM, 2020) (Figure 2).



**Figure 1.** Geo-location of Rize.



**Figure 2.** Amount of forest land in Rize.

## 2.2. Methods

The method of this study was carried out in two stages. In the first stage, forest areas were sorted into broad-leaved forest, coniferous forest, and mixed forest classes from the CORINE (Copernicus, 2020) land cover/land use data for the years 1990 and 2018 and Fragstats 4.2 programme (McGarigal, Cushman, & Ene, 2012) was used for fragmentation analysis. In the analysis, 8-cell neighbourhood parameter was applied in 4 area indices, 2 edge indices, and 3 isolation indices (Table 1). Class metrics were chosen as the sampling strategy.

**Table 1.** Fragmentation indices used in this study by Fragstats (McGarigal et al., 2012).

| Indice/Metric | Remark                                    | Measurement            |
|---------------|---|------------------------|
| CA            | Class Area                                | Area (ha)              |
| NP            | Number of Patches                         | Area (-)               |
| PLAND         | Percentage of Landscape                   | Area (%)               |
| LPI           | Largest Patch Index                       | Area (%)               |
| TE            | Total Edge                                | Edge length (m)        |
| ED            | Edge Density                              | Edge length (m)        |
| DIVISION      | Landscape Division Index                  | Isolation (Proportion) |
| PROX_MN       | Mean Proximity                            | Isolation (-)          |
| ENN_MN        | Mean Euclidean Nearest Neighbour Distance | Isolation (m)          |

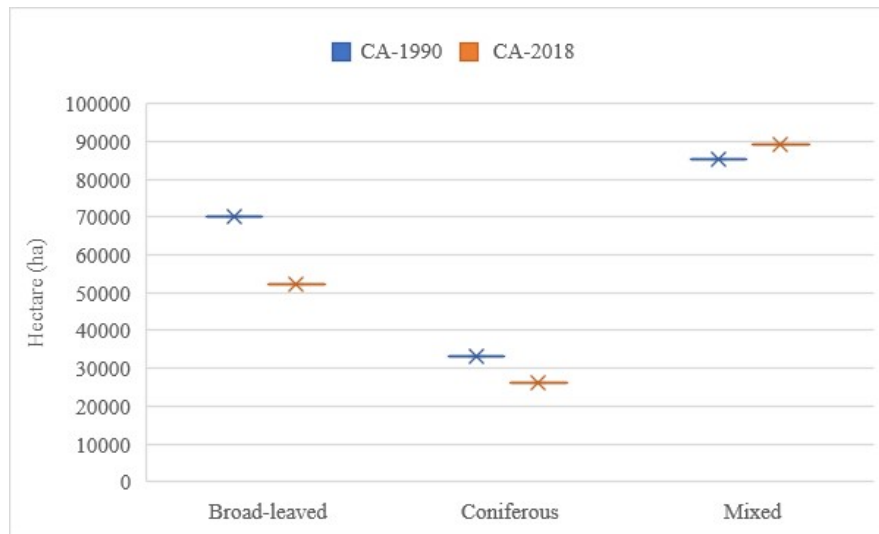
CA is a measure of landscape composition. In particular, it gives information about how much of the land consists of a certain type of patch. In this study, CA has been interpreted with other area metrics. NP is one of the most fundamental indices of fragmentation. High NP indicates high fragmentation. PLAND measures the proportional abundance of each type of patch in the landscape. LPI refers to the percentage of total landscape area created by the largest patch. Therefore, it is a simple measure of dominance. TE and ED are an absolute measure of the total edge length of a given patch type. DIVISION is based on the cumulative patch area distribution and interpreted as the probability that two randomly selected pixels in the landscape will not be in the same patch. PROX\_MN takes into account the size and proximity of all patches that are within a given search radius. ENN\_MN is the most commonly used index to measure patch isolation. In the second stage, core area data were generated using Patch Analyst programme (Rempel, 2015) from the land cover/land use data used as input for the fragmentation analysis in the first stage. 10 m zoning was made for core areas. This data formed a basis for determining the landscape connectivity corridors. Linkage Mapper programme (McRae & Kavanagh, 2011, 2017) was used for the corridor analysis. The programme used vector maps of major habitat areas and resistance to movement maps to identify and map the lowest cost links between core areas. Each cell in a resistance map is associated with a value that reflects the energy cost, difficulty, or death risk of moving in that cell. Resistance values

are typically determined based on cell characteristics such as land cover or settlement density in conjunction with species-specific landscape resistance patterns. As species move away from specific core areas, cost-weighted-distance analyses produce accumulated aggregate movement resistance maps (McRae & Kavanagh, 2011). While producing these maps, the shortest distance between two core areas is calculated using the last-cost-path and Euclidean distance methods and corridor determination is made.

### 3. Findings and Discussion

#### 3.1. Forest Fragmentation Analysis

Forest fragmentation analysis results of broad-leaved, coniferous, and mixed forest classes in the Rize forest matrix between 1990-2018 are shown in Table 2 and Table 3. Between the years specified, broad-leaved forest class decreased by 25% in area on a hectare basis, coniferous forest class decreased by 20%, and mixed forest class increased by 4% (Figure 3).



**Figure 3.** Areal changes between classes in 1990-2018.

In the same years, the number of patches decreased proportionally in broad-leaved and coniferous forest class, while a decrease was observed in mixed forest class. The number of patches decreased by 32%, 33%, and 26%, respectively. The increase of NP means the fragmentation of the related class increases (Figure 4). It was concluded that the percentages of classes in the landscape were directly proportional to CA. The values decreased by 6% and 2% and increased by 8%, respectively. The mixed forest class increased in the landscape where it was located (Figure 5).

**Table 2.** Fragmentation measurements by Fragstats for the year 1990.

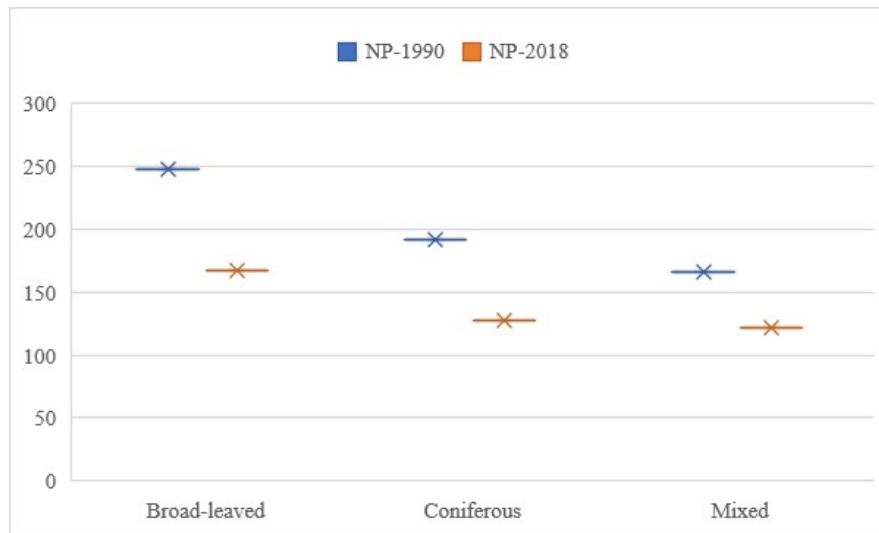
| Class        | CA       | NP     | PLAND   | LPI    | TE     | ED     | DIVISION | PROX_MN   | ENN_MN   |
|--------------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|----------|-----------|----------|
| Broad-leaved | 70035.97 | 248.00 | 37.1905 | 4.5279 | 218380 | 11.596 | 0.9958   | 408.3911  | 333.7125 |
| Coniferous   | 33070.95 | 192.00 | 17.5613 | 2.5911 | 141749 | 7.5271 | 0.999    | 215.8406  | 426.2306 |
| Mixed        | 85210.05 | 166.00 | 45.2482 | 11.864 | 233599 | 12.404 | 0.9821   | 2025.1275 | 329.3886 |

CA: Class Area, NP: Number of Patches, PLAND: Percentage of Landscape, LPI: Largest Patch Index, TE: Total Edge, ED: Edge Density, LSI: Landscape Shape Index, DIVISION: Landscape Division Index, PROX\_MN: Mean Proximity Index, ENN\_MN: Mean Euclidean Nearest Neighbour.

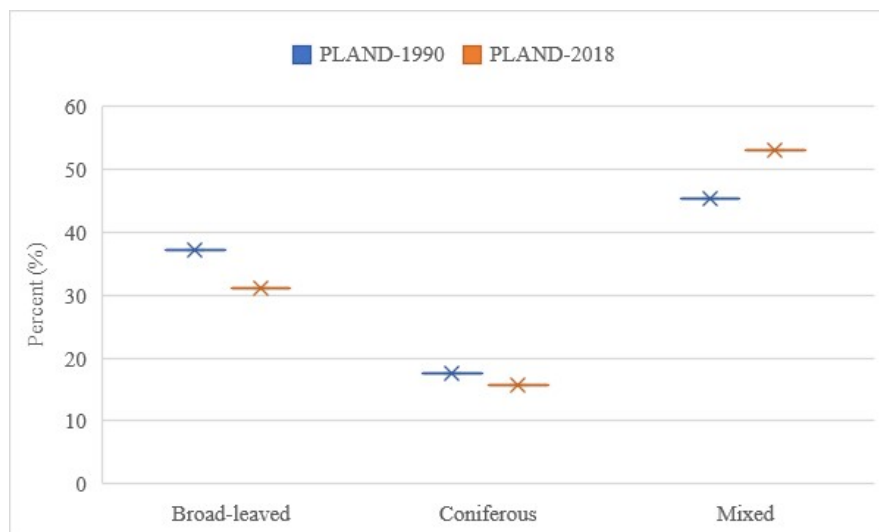
**Table 3.** Fragmentation measurements by Fragstats for the year 2018.

| Class        | CA       | NP     | PLAN<br>D | LPI    | TE     | ED     | DIVISION | PROX_MN   | ENN_MN   |
|--------------|----------|--------|-----------|--------|--------|--------|----------|-----------|----------|
| Broad-leaved | 52197.76 | 167.00 | 31.122    | 5.0166 | 156506 | 9.3314 | 0.9955   | 339.2413  | 476.673  |
| Coniferous   | 26363.05 | 128.00 | 15.718    | 2.9198 | 104002 | 24.331 | 0.9988   | 282.172   | 500.3545 |
| Mixed        | 89158.91 | 122.00 | 53.159    | 19.277 | 188526 | 11.240 | 0.9539   | 4508.3443 | 329.3886 |

CA: Class Area, NP: Number of Patches, PLAND: Percentage of Landscape, LPI: Largest Patch Index, TE: Total Edge, ED: Edge Density, LSI: Landscape Shape Index, DIVISION: Landscape Division Index, PROX\_MN: Mean Proximity Index, ENN\_MN: Mean Euclidean Nearest Neighbour.

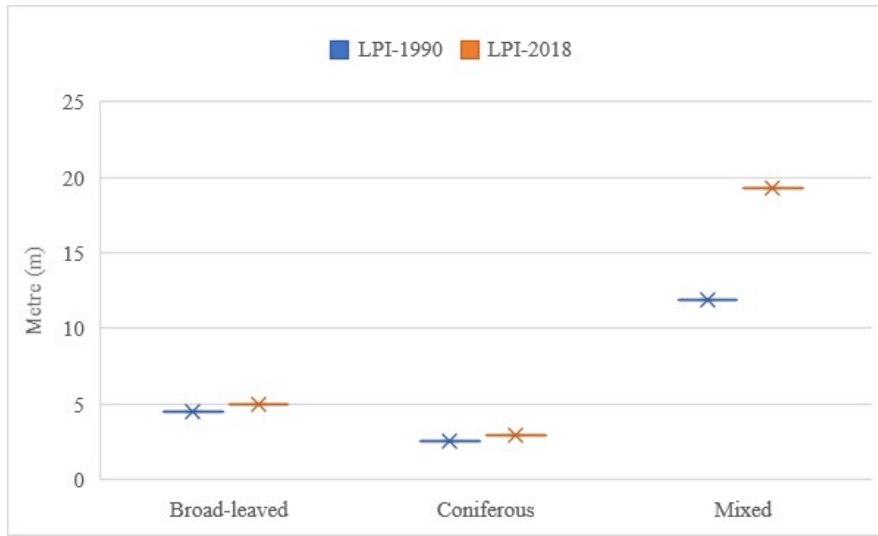


**Figure 4.** Changes in NP between classes in 1990 and 2018.

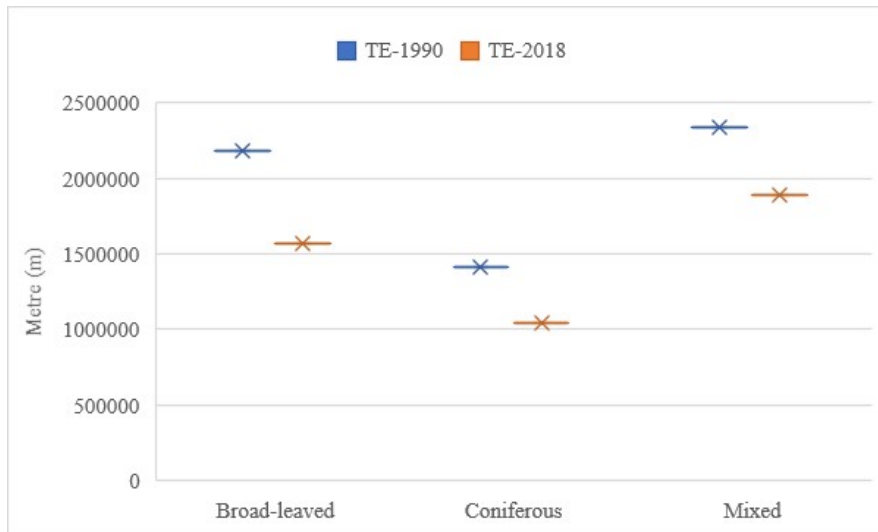


**Figure 5.** Changes in PLAND between classes in 1990 and 2018.

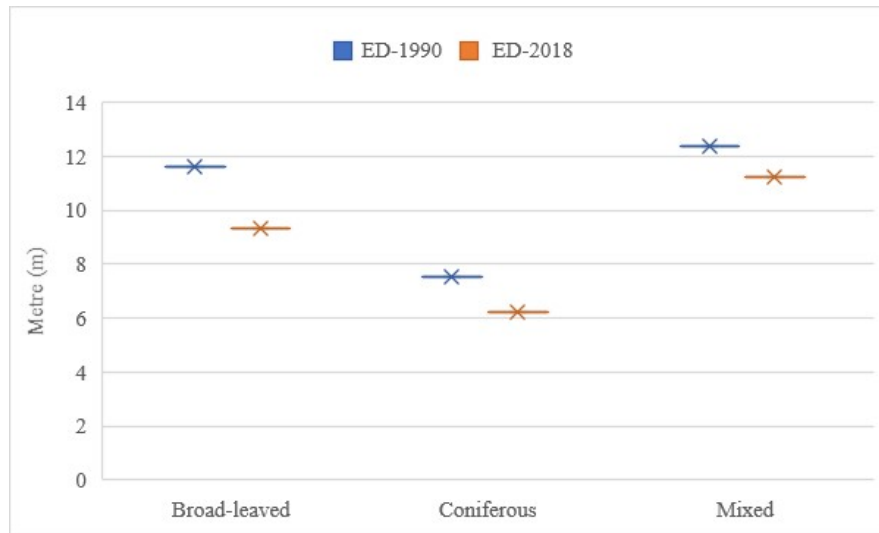
LPI in the landscape of the classes in the Rize forest matrix increased in comparison of both years. The LPI increased by 1%, 0.4% and 8%. Among the classes in the forest matrix, the mixed forest class has been the dominant class in 28 years (Figure 6). Total edge length of the broad leaved-forest class decreased in the forest matrix for both years. The value decreased by 28% in the broad-leaved forest class, 26% in the coniferous forest class and 19% in the mixed forest class, respectively. The point to note here is that the edge length assessment is measured within the entire forest matrix, not for each class. From this aspect, it is possible to differ with ED values (Figure 7-8).



**Figure 6.** Changes in LPI between classes in 1990 and 2018.

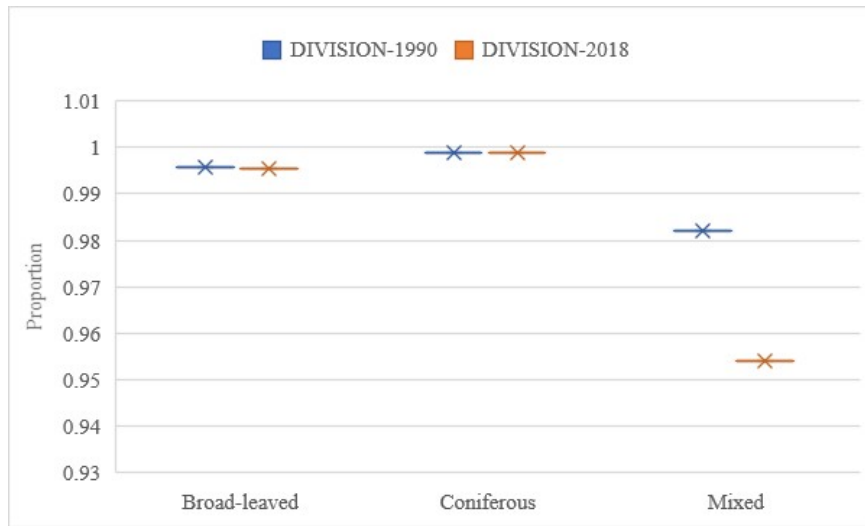


**Figure 7.** Changes in TE between classes in 1990 and 2018.

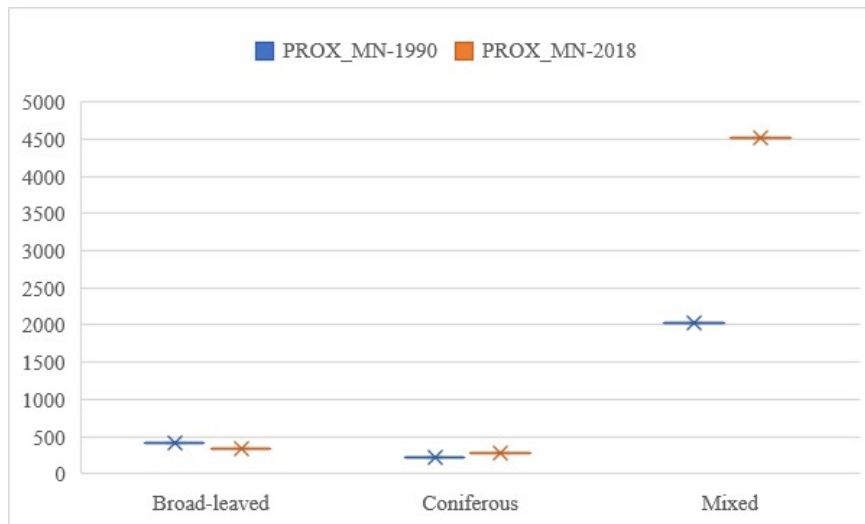


**Figure 8.** Changes in ED between classes in 1990 and 2018.

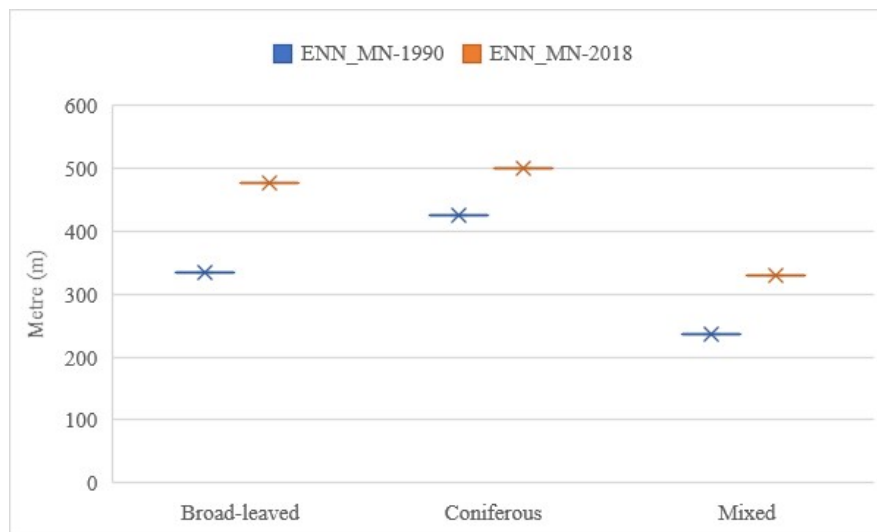
The change in the edge density of the classes in the Rize forest matrix decreased by 19%, increased by 223%, and decreased by 9%, respectively. Because the increase or decrease in edge density is proportional to fragmentation, the class with the densest edge is also the most fragmented class. DIVISION values were decreased by 0.03%, 0.02%, and 2.8%, respectively (Figure 9). But this index based on the cumulative patch area distribution and is used to interpret the probability that the corresponding patch type of two randomly selected pixels in the landscape will not be in the same patch. As the ratio of the landscape consisting of focal patch type decreases and the patches decrease in size, the index value approaches 1. As a result, the proportion of broad-leaved and coniferous forest classes in the general matrix has decreased, whereas the mixed forest class has increased. PROX\_MN values were 16% decrease, 30% increase, 122% increase. The class with the most proximity values was the mixed forest class. In the ENN\_MN values, 42% increase, 17% increase, and 39% increase were determined, respectively. The decrease in distance values means that the same classes get closer to each other; otherwise, it shows that they diverge from each other and thus the isolation increases (Figure 10-11). It was the most isolated broad-leaved forest class among the mentioned.



**Figure 9.** Changes in DIVISION between classes in 1990 and 2018.



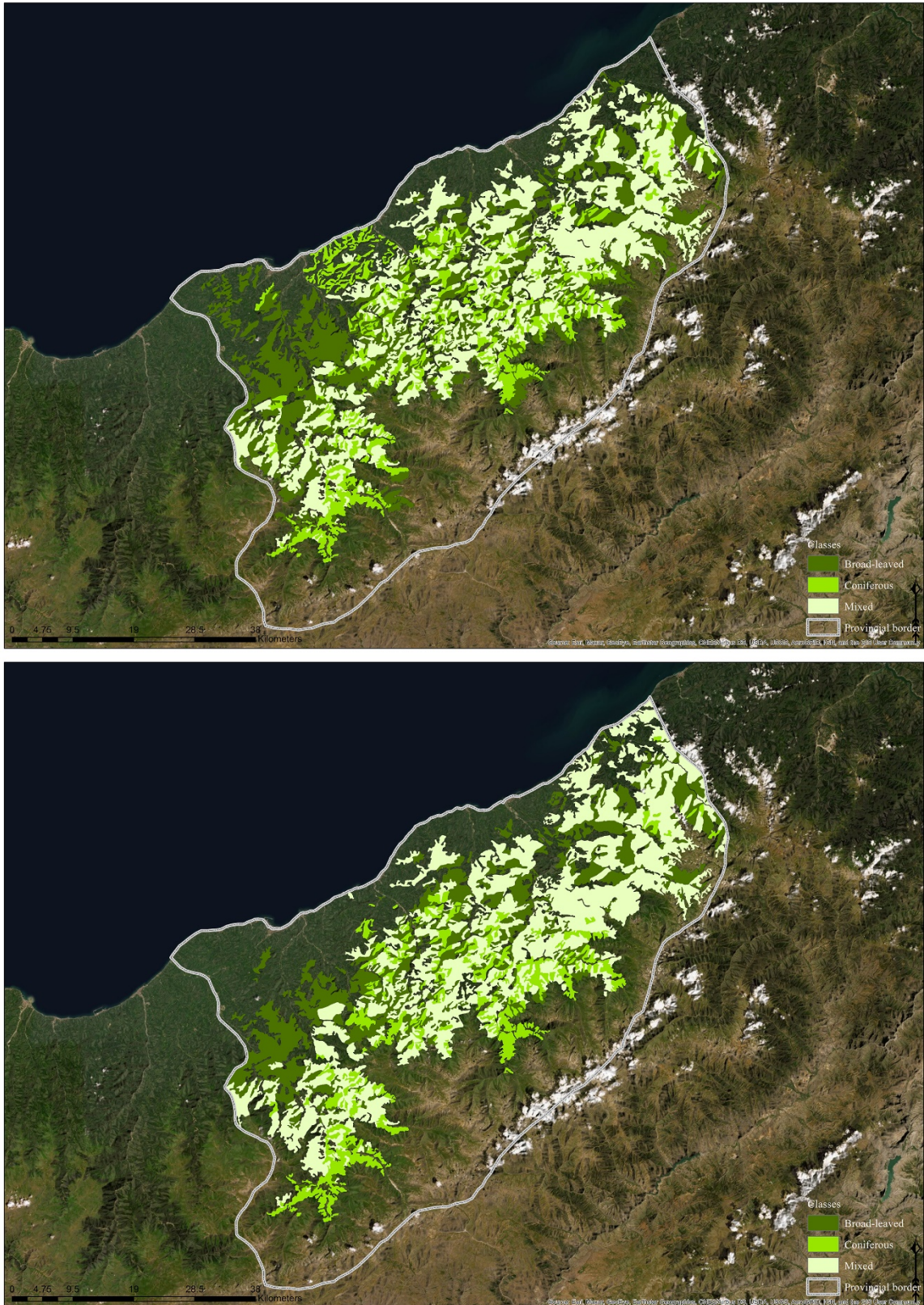
**Figure 10.** Changes in PROX\_MN between classes in 1990 and 2018.



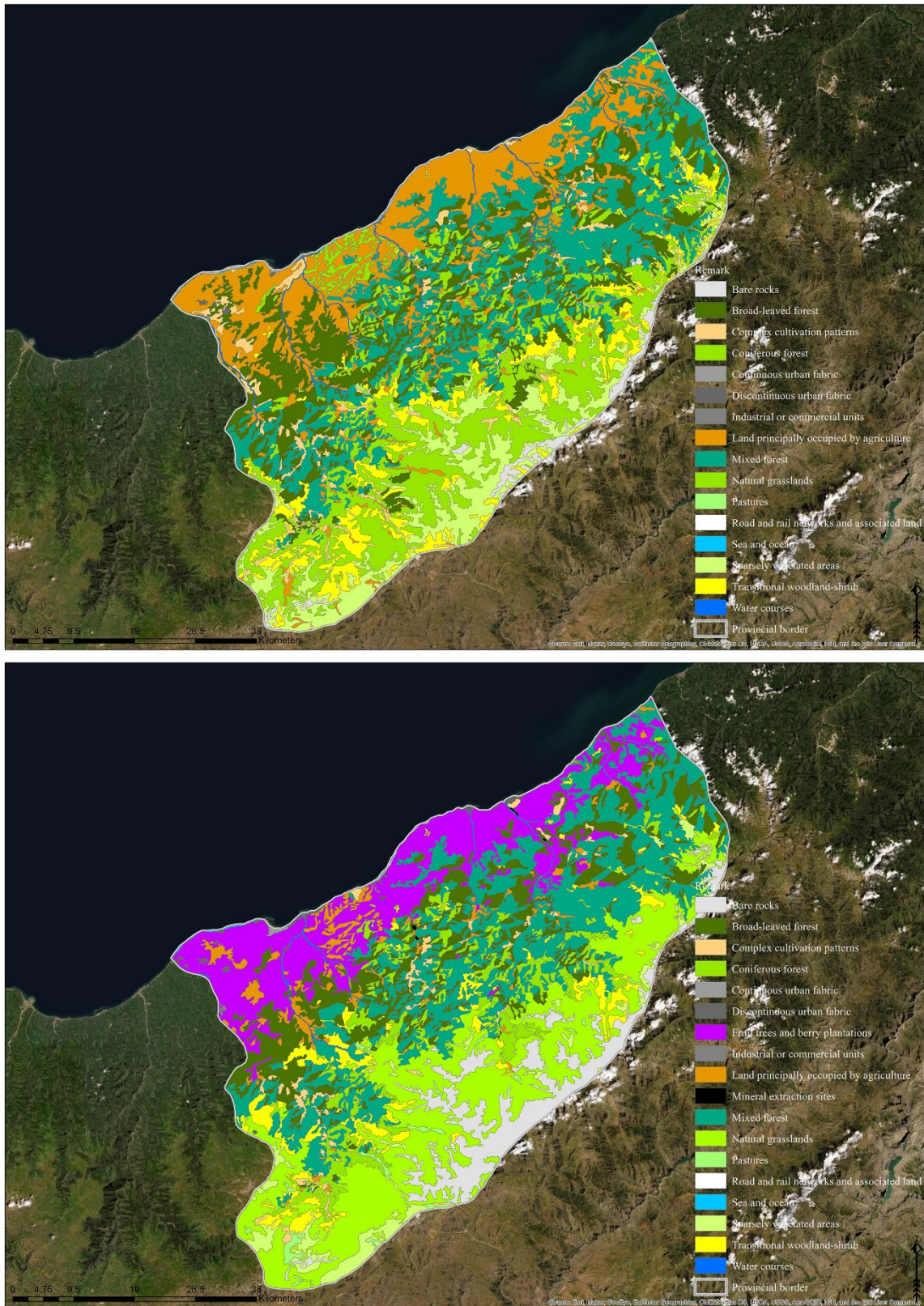
**Figure 11.** Changes in ENN\_MN between classes in 1990 and 2018.



The results of this study on fragmentation revealed that broad-leaved and coniferous forest classes in the forest matrix of Rize province were fragmented between 1990-2018, while the mixed forest class increased. According to Saunders et al. (1991) and Forman (1995), the spatial reduction in size of remaining forest patches, increased isolation and connection loss, and increased boundary effects are identified as the main effects of forest fragmentation. Broad-leaved forest and coniferous forest classes in the Rize forest matrix decreased in terms of their percentages in both area and landscape, while an increase was observed in the mixed forest class according to the same criteria. In other words, the mixed forest class has become the dominant class in the Rize forest matrix within 28 years (Figure 12). Another splintering issue is linked to the edge effect. Changes in environmental conditions, vegetation cover and landscape composition cause patches to be exposed to border/edge effects (Zurita et al., 2012). When fragmentation occurs in a patch, the area around the patch expands and creates new borders. The edge effects and therefore the edge density also increases. While the total edge lengths of each class in the forest matrix show a decreasing trend in terms of edge densities, coniferous class has started to increase when the total landscape area is taken into consideration. The process of forest fragmentation resulting from human activities such as transformation of forests into agricultural areas and urbanisation is considered to be the most important factor that negatively contributes to the reduction and extinction of species diversity worldwide (Bogaert et al., 2011; Forman, 1995). Species that require large habitat areas tend to become vulnerable through fragmentation and to disappear completely in forest habitat. This causes biological diversity to be negatively affected (Wilkinson et al., 2018; Zuidema et al., 1996; Zurita et al., 2012). With the increase of fragmentation and edge effect, isolation has occurred and the distance of the patches in the same class to each other has increased. The most isolated classes have been broad-leaved forest and mixed forest classes. It is a fact that changing land cover/land use in recent years has changed the forest ecosystem in the Eastern Black Sea region (Yüksek, 2011). It is clearly seen on the map that in 1990 mixed agricultural areas with natural vegetation turned into orchards (fruit trees and berry plantations) in 2018 (Figure 13).



**Figure 12.** Forest classes between 1990-2018, respectively.



**Figure 13.** Land cover/land use changes between 1990 and 2018.

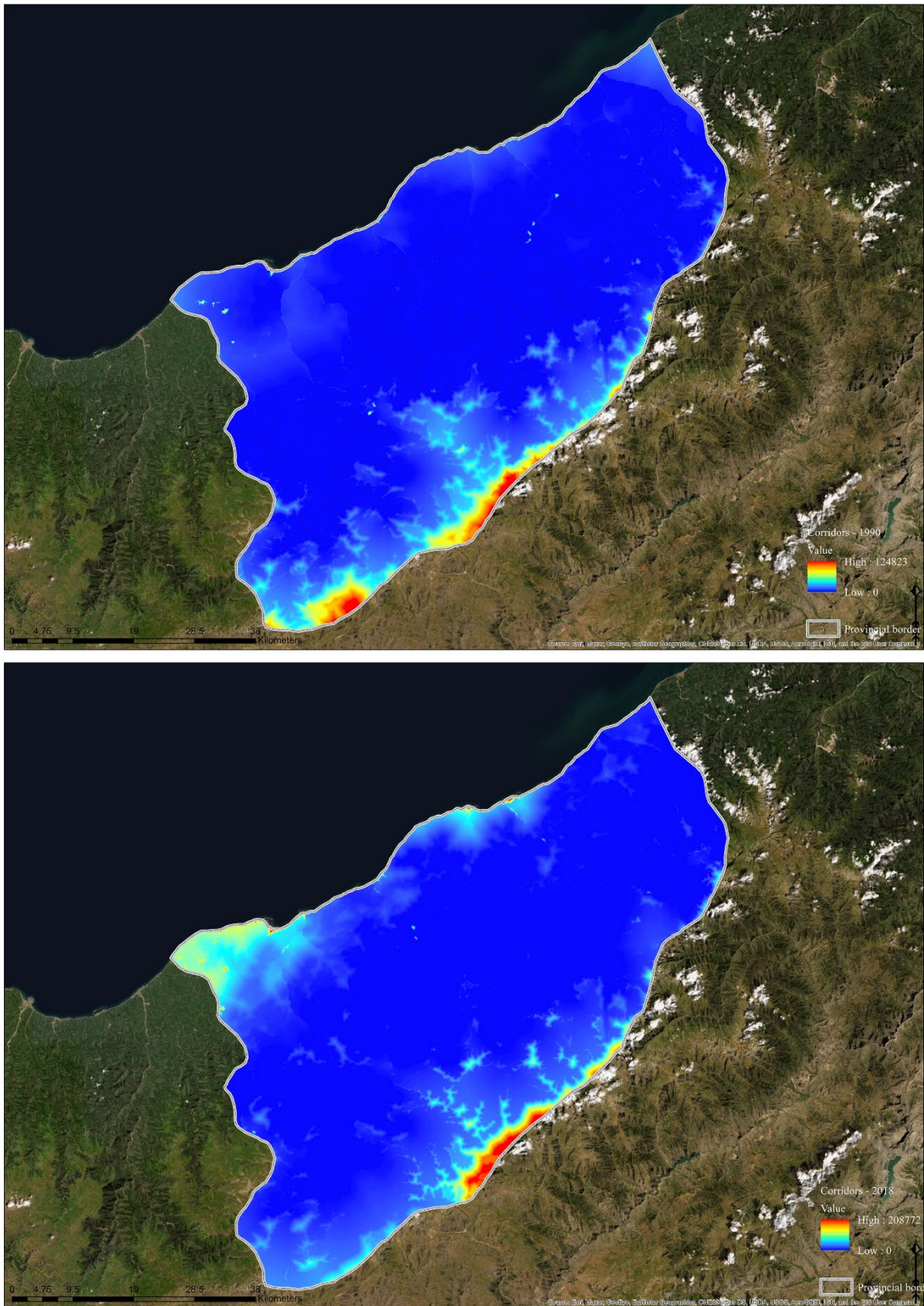
The destruction of forest cover in regions that are not suitable for agriculture in terms of topography and transforming them into agricultural lands (especially hazelnut and tea), providing fuel and construction from the closest forest areas has caused an increase in the edge effect in the Rize forest ecosystem. The forest matrix in the south of the area has been transformed into natural,

grasslands and transitional woodland shrub and then bare rocks in the following years. Livestock, which was one of the main sources of income for the people of the region in the past, required transhumance in the upper zones of the forests, and as a result, forests were under pressure (Yüksek, 2011). In addition to these, scattered settlement and infrastructure constructions have caused this pressure to continue. The overuse of forests has caused the degradation of rangelands, which has reduced the water holding capacity of the soil. Forest fragmentation has been among the causes of floods and landslides.

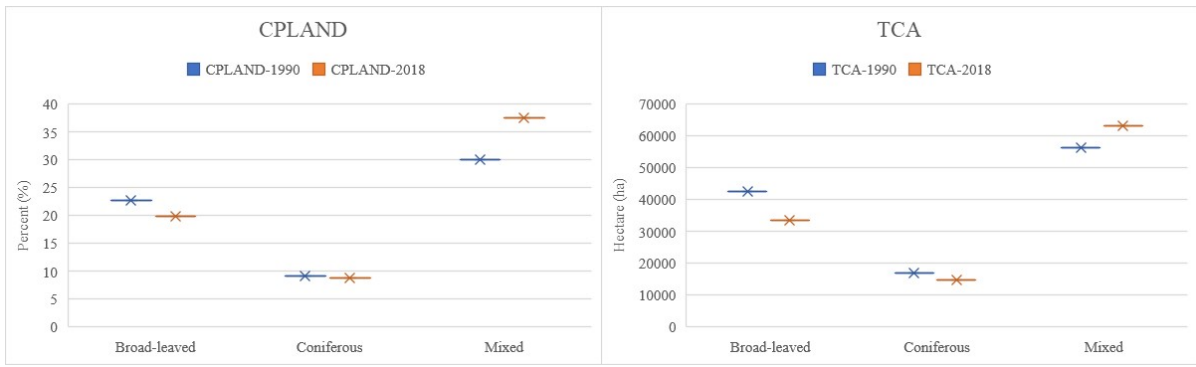
### 3.2. Landscape Connectivity Analysis

Potential connectivity corridors are shown in Figure 14, respectively, 1990-2018. The optimal (short) distance between potential connectivity corridors between core areas in the Rize forest matrix is shown on the map with a value of 0 (zero). This means that a species that continues to move between core areas will move easily and without risk in areas with 0 (zero) value. The areas with the lowest potential link value and the riskiest are the ones in red. While the riskiest connection distance between core areas was 124.823 m in 1990, this value was 208.772 m in 2018. It was revealed that the area, which is located in the southwest of Rize and whose potential connectivity value was quite disadvantageous in 1990, disappeared in 2018, but the risk continues for the species using the core areas in that region.

During the corridor calculation, the Euclidean distance (16 m) values between the core areas of broad-leaved forest, coniferous forest and mixed forest classes remained constant. Least-cost-path lengths were 24.142009 m between broad-leaved forest-coniferous forest in 1990, 24.142151 m between broad-leaved forest-mixed forest and 24.142051 m between coniferous forest-mixed forest. In the same year, the core area that made the most connections using the shortest and least costly distances was the broad-leaved forest and the least coniferous forest class. In short, broad-leaved forest linked coniferous forest and mixed forest classes, while coniferous forest only linked mixed forest. Euclidean distance values and connection type have not changed in 2018. However, the least-cost-path lengths were calculated as 24.142151 m between broad-leaved forest-coniferous forest, 24.142151 m between broad-leaved forest-mixed forest, and 24.14208 m between coniferous forest-mixed forest. It is also among the results that the potential corridor value became the riskiest for the species in 2018 in the regions where the Firtina Creek and Hemsin Creek in the north of the province and the area in the northwest (Figure 15).



**Figure 14.** Potential corridor areas between 1990-2018, respectively.



**Figure 15.** Core area percentage of landscape and total core area between 1990 and 2018.

The results of this study on connectivity have revealed that linkage success for species has decreased between reference years in potential linkage corridors. There are two inputs that affected the determination of potential connectivity corridors. The first is the core area data, the second is the resistance values (Carroll, McRae, & Brookes, 2012; McRae & Kavanagh, 2011, 2017). Ecologically, the core of a patch is vital for species that should be far from its environment (Forman, 1995; Laurance & Yensen, 1991). The presence of core areas in a patch is related to inland species, and a sufficiently large core area means that the species that survive there can survive without being affected by the environment. When considered in terms of internal species, the fact that the core areas are more and more is an advantage, while being small and small is seen as a disadvantage. When the percentages of the core areas in the landscape (%) of the classes in the forest matrix and the total core area (ha) values are compared, there has been a decrease in the number of the core areas in the broad-leaved and coniferous forest class and an increase in the number of the core areas in the mixed forest class. While the living conditions for the species living in the habitats in the wide and coniferous forest classes have become difficult, the living conditions required for the survival of the species in the habitat of the mixed forest class have become more suitable.

Each point of resistance that the species will meet throughout its movement means risk of death and limitation in ecological flow for it (Carroll et al., 2012; McRae & Kavanagh, 2017; Sawyer, Epps, & Brashares, 2011). From this point of view, it is seen that the most difficult connection between the core areas of the classes in the Rize forest matrix was formed in the south and southwest of the area in 1990. When these regions are evaluated in terms of land cover/land use, it is seen that there are sparsely vegetated areas, transitional woodland-shrub, natural grasslands and bare rocks in the southern region. Bare rocks are places where human activities are very limited in terms of land cover/land use. Despite this feature, it may not be considered suitable for the movement of all species in the landscape. For this reason, the connection to be established between other core areas for some species that will use that region is difficult/mortal. Red colours in the link map indicate difficult junction areas. After 28 years, the amount of bare rocks in the south of the province has increased

considerably in 2018. But another region that draws attention this year is the red spots in the northern Firtina Creek and Hemsin Creek. In the past period, with the effects of increasing urbanisation around both streams and the taking place of mining areas in this region, these regions have become risky for the species that want to establish an ecological connection. With the increasing urbanisation in the region in the northwest of the province, the transformation of mixed agricultural areas with natural vegetation into fruit trees and berry plantations indicates that the potential connection has been challenged. Although most studies of connectivity corridors exemplify connectivity at a lower spatial scale, according to studies conducted at the upper spatial scale, (Damschen et al., 2019; Damschen et al., 2006) habitat patches connected by corridors are isolated, more native plant species than patches it has been proven that this difference increases with time and the corridors do not support the invasion of exotic species.

#### **4. Conclusions and Recommendations**

In this study, the fragmentation in the forest matrix of Rize province and the potential connectivity corridors between these parts were analysed. While fragmentation was experienced in broad-leaved forest and coniferous forest classes in 28 years, the mixed forest class became the dominant class. In the reference years, not only fragmentation occurred in the forest ecosystem in the province, but the structure supporting the movement of the species here started to deteriorate. It is supported by the hypothesis of the study that disasters such as floods and landslides that have occurred in Rize in recent years are related to the fragmentation of the forest ecosystem. Land use changes also contributed to the fragmentation process. Whether it is referred to as habitat fragmentation, landscape fragmentation, or landscape fragility the fragmentation process is seen as the greatest threat to biodiversity at all scales. However, the continuation of biological diversity depends on the ability of species in the ecosystem to survive in the face of human impacts, rather than conservation and management strategies. Landscape connectivity corridors create a support mechanism for fragmented or fragile landscapes to support the existence of organisms or species moving in the ecosystem. The lack of connectivity and increased isolation in forest ecosystems impedes pollination, seed dispersal, migration of wildlife species, and reproduction by reducing the ability of organisms to move from one forest area to another. Habitat must be both large and abundant and well-connected for the survival of the wildlife population, reducing the risk of extinction and promoting biodiversity. However, there are still gaps in which species/habitats will be supported for the continuation of the biological diversity, and how to ensure the connectivity for which species/habitat/ecosystem. While continuing the relationship between man and nature, on the other hand, more research is needed to

eliminate these gaps, especially the careful implementation of the researches within national legal frameworks.

### Authors' Contributions

All authors contributed equally to the study.

### Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

### Statement of Research and Publication Ethics

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

### References

- Alohou, E. C., Gbemavo, D. S. J. C., Mensah, S., & Ouinsavi, C. (2017). Fragmentation of forest ecosystems and connectivity between sacred groves and forest reserves in Southeastern Benin, West Africa. *Tropical Conservation Science*, 10, 1940082917731730. doi:10.1177/1940082917731730
- Benitez-Malvido, J., & Arroyo-Rodríguez, V. (2008). Habitat fragmentation, edge effects and biological corridors in tropical ecosystems. *Encyclopedia of Life Support Systems*.
- Bogaert, J., Bamba, I., Koffi, K. J., Sibomana, S., Djibu, J.-P. K., Champluvier, D., . . . Visser, M. N. (2008). Fragmentation of Forest Landscapes in Central Africa: Causes, Consequences and Management. In R. Laforteza, G. Sanesi, J. Chen, & T. R. Crow (Eds.), *Patterns and Processes in Forest Landscapes: Multiple Use and Sustainable Management* (pp. 67-87). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bogaert, J., Barima, Y. S. S., Mongo, L. I. W., Bamba, I., Mama, A., Toyi, M., & Laforteza, R. (2011). Forest Fragmentation: Causes, Ecological Impacts and Implications for Landscape Management. In C. Li, R. Laforteza, & J. Chen (Eds.), *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation: Challenges and Solutions for Global Change* (pp. 273-296). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Brudvig, L. A., Damschen, E. I., Tewksbury, J. J., Haddad, N. M., & Levey, D. J. (2009). Landscape connectivity promotes plant biodiversity spillover into non-target habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(23), 9328-9332. doi:10.1073/pnas.0809658106
- Camargo, J. L. C., & Kapos, V. (1995). Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 11(2), 205-221. doi:10.1017/S026646740000866X
- Carroll, C., McRae, B. H., & Brookes, A. (2012). Use of linkage mapping and centrality analysis across habitat gradients to conserve connectivity of Gray wolf populations in Western North America. *Conservation Biology*, 26(1), 78-87.
- Copernicus. (2020). Corine Land Cover. Retrieved from <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- Damschen, E. I., Brudvig, L. A., Burt, M. A., Fletcher, R. J., Haddad, N. M., Levey, D. J., . . . Tewksbury, J. J. (2019). Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment. *Science*, 365(6460), 1478-1480. doi:10.1126/science.aax8992
- Damschen, E. I., Haddad, N. M., Orrock, J. L., Tewksbury, J. J., & Levey, D. J. (2006). Corridors increase plant species richness at large scales. *Science*, 313(5791), 1284-1286. doi:10.1126/science.1130098
- Ewers, R. M., & Didham, R. K. (2006). Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 81(1), 117-142. doi:10.1017/s1464793105006949



- Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics : The Ecology of Landscapes and Regions* Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Fynn, I. E. M., & Campbell, J. (2019). Forest fragmentation analysis from multiple imaging formats. *Journal of Landscape Ecology*, 12(1), 1-15. doi:10.2478/jlecol-2019-0001
- García-Gigorro, S., & Saura, S. (2005). Forest Fragmentation Estimated from Remotely Sensed Data: Is Comparison Across Scales Possible? *Forest Science*, 51(1), 51-63. doi:10.1093/forestscience/51.1.51
- Kang, S., & Choi, W. (2013). Forest cover changes in North Korea since the 1980s. *Regional Environmental Change*, 14, 347-354.
- Kolasa, J., & Zalewski, M. (1995). Notes on ecotone attributes and functions. *Hydrobiologia*, 303(1), 1-7. doi:10.1007/BF00034039
- Laurance, W. F., Ferreira, L. V., Rankin-de Merona, J. M., & Laurance, S. G. (1998). Rain Forest Fragmentation and the Dynamics of Amazonian Tree Communities. *Ecology*, 79(6), 2032-2040. doi:10.2307/176707
- Laurance, W. F., & Yensen, E. (1991). Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation*, 55(1), 77-92. doi:[https://doi.org/10.1016/0006-3207\(91\)90006-U](https://doi.org/10.1016/0006-3207(91)90006-U)
- Liu, J., Coomes, D. A., Gibson, L., Hu, G., Liu, J., Luo, Y., . . . Yu, M. (2019). Forest fragmentation in China and its effect on biodiversity. *Biological Reviews*, 94(5), 1636-1657. doi:10.1111/brv.12519
- McGarigal, K., & Cushman, S. A. (2002). Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation metrics. *Ecological Applications*, 12(2), 335-345. doi:10.1890/1051-0761(2002)012[0335:Ceoat]2.0.Co;2
- McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
- McRae, B. H., & Kavanagh, D. M. (2011). Linkage Mapper Connectivity Analysis Software.
- McRae, B. H., & Kavanagh, D. M. (2017). User Guide: Linkage Pathways Tool of the Linkage Mapper Toolbox Version 2.0.
- Nason, J. D., Alrich, P. R., & Hamrick, J. L. (1997). Dispersal and the Dynamics of Genetic Structure in Fragmented Tropical Tree Populations. In W. F. Laurance, Bierregaard Jr., R. O. (Ed.), *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities* (1st ed., pp. 304-320). USA: University of Chicago Press.
- OGM. (2020). İllere Göre Orman Varlığı. Retrieved from <https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/Illere-Gore-Orman-Varligi.aspx>
- Peh, K. S. H., Yangchen, L., Luke, S. H., Foster, W. A., & Turner, E. C. (2014). Forest Fragmentation and Ecosystem Function. In C. J. Kettle & L. P. Koh (Eds.), *Global Forest Fragmentation* (pp. 192). United Kingdom: CAB Books.
- Rempel, R. (2015, December 10). Spatial Ecology Program-Analysis Tools/Patch Analyst.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J., & Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology*, 5(1), 18-32. doi:10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x
- Sawyer, S. C., Epps, C. W., & Brashares, J. S. (2011). Placing linkages among fragmented habitats: do least-cost models reflect how animals use landscapes? *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 668-678. doi:10.1111/j.1365-2664.2011.01970.x
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68, 571-573.
- Wilcox, B. A., & Murphy, D. D. (1985). Conservation strategy: The effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*, 125(6), 879-887. doi:10.1086/284386
- Wilkinson, D. A., Marshall, J. C., French, N. P., & Hayman, D. T. S. (2018). Habitat fragmentation, biodiversity loss and the risk of novel infectious disease emergence. *Journal of The Royal Society Interface*, 15(149), 20180403. doi:doi:10.1098/rsif.2018.0403
- Yüksek, T. (2011, 10-11 Şubat). Paper presented at the Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelan ve Taşkınları Sempozyumu, Trabzon.
- Zipkin, E. F., DeWan, A., & Andrew Royle, J. (2009). Impacts of forest fragmentation on species richness: a hierarchical approach to community modelling. *Journal of Applied Ecology*, 46(4), 815-822. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01664.x
- Zuidema, P. A., Sayer, J. A., & Dijkman, W. I. M. (1996). Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation*, 23(4), 290-297. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/44519311>

Zurita, G., Pe'er, G., Bellocq, M. I., & Hansbauer, M. M. (2012). Edge effects and their influence on habitat suitability calculations: a continuous approach applied to birds of the Atlantic forest. *Journal of Applied Ecology*, 49(2), 503-512. doi:10.1111/j.1365-2664.2011.02104.x

## **External Morphology and Female Genitalia of *Ethmia candidella* (Lepidoptera: Ethmiidae) Recorded for the First Time from Erzurum (Turkey)**

Muhammed TATAR<sup>1\*</sup>, Göksel TOZLU<sup>2</sup>, Erol ATAY<sup>3</sup>

### **Abstract**

*Ethmia candidella* (Alphéraky, 1908) samples recorded for the first time from Erzurum (Turkey) were collected with aspirator through the cracks and slits in *Populus alba* bodies in Atatürk University Campus in September 2017-2018. A total of 21 female individual were obtained. Specimens were dissected and prepared female genitalia and wings slides in the laboratory. The external morphology and female genitalia of *E. candidella* were described in detail. In addition, eggs from fertilized females under the microscope were obtained.

**Keywords:** Lepidoptera, Ethmiidae, *Ethmia candidella*, external morphology and female genitalia, Erzurum, Turkey.

## **Erzurum (Turkey)'dan İlk Kez Kaydedilen *Ethmia candidella* (Lepidoptera: Ethmiidae)'nın Dış Morfolojisi ve Dişi Genitalyası**

### **Öz**

Erzurum'dan (Türkiye) ilk kez kaydedilen *Ethmia candidella* (Alphéraky, 1908) örnekleri, Atatürk Üniversitesi Kampüs'ünde bulunan *Populus alba* gövdelerindeki çatlak ve yarıklardan aspiratör ile 2017-2018 eylül ayında toplanmıştır. Toplam 21 dişi birey elde edilmiştir. Örnekler laboratuvarında disekte edilmiş ve dişi genital organları ve kanat slaytları hazırlanmıştır. *E. candidella*'nın dış morfolojisi ve dişi genitalyası ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, döllenmiş dişilerden mikroskop altında yumurtalar elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lepidoptera, Ethmiidae, *Ethmia candidella*, dış morfoloji ve dişi genitalya, Erzurum, Turkey.

<sup>1</sup>Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Erzurum, Turkey, muhammedtatar.28@hotmail.com

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Erzurum, Turkey, gtozlu@atauni.edu.tr

<sup>3</sup>Mustafa Kemal University, Faculty of Art and Sciences, Department of Biology, Hatay, Turkey, eatay@mku.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8312-8434> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7187-7825> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

## 1. Introduction

The Ethmiinae subfamily is a microlepidopteran group consisted more than 350 species in seven genera worldwide. The *Ethmia* genus includes 47 species groups. It also includes many species that are not assigned to species groups (Wei et al., 2007). In Europe, 29 species had been recorded until recently (Domingo, et al., 2003).

The first checklist study of moths from Turkish was listed by Koçak and Kemal (2006, 2007). In studying of Koçak and Kemal (2006, 2007), a total of 4604 moth species were listed together with their synonymous and updated distributions. Later, Koçak and Kemal (2009) reported that the Turkey Lepidoptera fauna was 5128 species belonging to 76 families. In addition, a total of 764 lepidoptera species, 554 Heterocera and 210 Rhopalocera, belonging to the province of Erzurum, were listed by the same authors. In addition to this information, *Ethmia* genus has 24 species in Turkey in present, but the genus *Ethmia* was not recorded found in Erzurum (Koçak and Kemal, 2009).

The distribution of *Ethmia candidella* in Turkey; Bursa, Diyarbakır, Kars, Konya, Kahramanmaraş, Van, Kırıkkale (Koçak and Kemal, 2009), Siirt (Kayci et al., 2012), Bitlis (Kemal and Koçak, 2017a), Van (Bahçesaray) (Kemal and Koçak, 2017b), Hakkari (Kemal et al., 2020) (Figure 1).

The distribution of *Ethmia candidella*; Czech Republic, France, Spain, Italy, Switzerland, Austria, Hungary, Yugoslavia, Romania, Greece (Karsholt and Razowski, 1996), Russia, (Shovkoon, 2008), Indonesian (Kun, 2004), Morocco, Western Algeria, Macedonia, S. Russia, Asia Minor, Syria, Palestine, Iraq, Iran, Transcaspia, Tunisia, Turkestan (URL-1), Portuguese, Slovakia (URL-2), Syria (URL-3).

*Asperugo procumbens*, *Borago officinalis*, *Cerintho majör* and *Lithospermum purpureocaeruleum* are given as the larval hosts of *E. candidella* in URL-1. Kemal and Koçak (2017) stated in their study in Van (Bahçesaray) that *E. candidella* adults fly at night in autumn and their larvae hide under *Boraginaceae* (*Echium*, *Anchusa*) in spring.



Figure 1. Distribution of *Ethmia candidella* (Alphéraky) in Turkey

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Field Studies

Field studies was carried out in the Atatürk University Campus (1850 m) in September 2017-2018. All the field works were done under suitable weather conditions (without strong winds and precipitation), and started early in the morning and continued until sunset. *Ethmia candidella* specimens was collected with aspiratör on *Populus alba* (Figure 7a, b). In the field studies, totally 21 specimens were obtained (Figure 7c).

### 2.2. Laboratory Studies

The specimens collected first were classified according to their body size without losing their body water. They were pinned to size 1 or 2 insect needles on special stretch boards and the front and rear pairs of wings were stretched in the laboratory. Stretched specimens were kept for fourteen days (two weeks) in a dark and dry place at room temperature to dry. After the morphological examinations and measurements of the female samples, the female genital organ was prepared for the identification of the species. The needling of the butterflies, stretching of the wings and genital organ preparations were made according to Atay (2006). The major taxonomic characters were described. Important morphological organs of *E. candidella* were photographed and drawn. The specimens were stored in the Biology Department of Mustafa Kemal University and Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection.

## 3. Results and Discussion

Genus: *Ethmia* Hübner, [1819]

Syn: *Psecadia* Hübner, [1825]; *Anesychia* Hübner, [1825]; *Melanoleuca* Stephens, 1829; *Aedia* Duponchel, 1837 nec Hübner, [1825]; *Wiltshirea* Amsel, 1949 nec Buckman, 1904 (Koçak and Kemal, 2009)

*Ethmia candidella* (Alphéraky, 1908)

Syn: *orientella* Caradja, 1931

### Material Examined

Erzurum (Atatürk University Campus), 21.IX.2017 5♀; 27.IX.2017 3♀; (39°54'11" N; 41°14'59" E, 1850 m); 23.IX.2018 6♀; 28.IX.2018 7♀; (39°54'11" N; 41°14'59" E, 1850 m).

### Measurements

Body Length ♀: 8,5-10,5 (9,6) mm, wingspan 23-28 (26,1) mm.

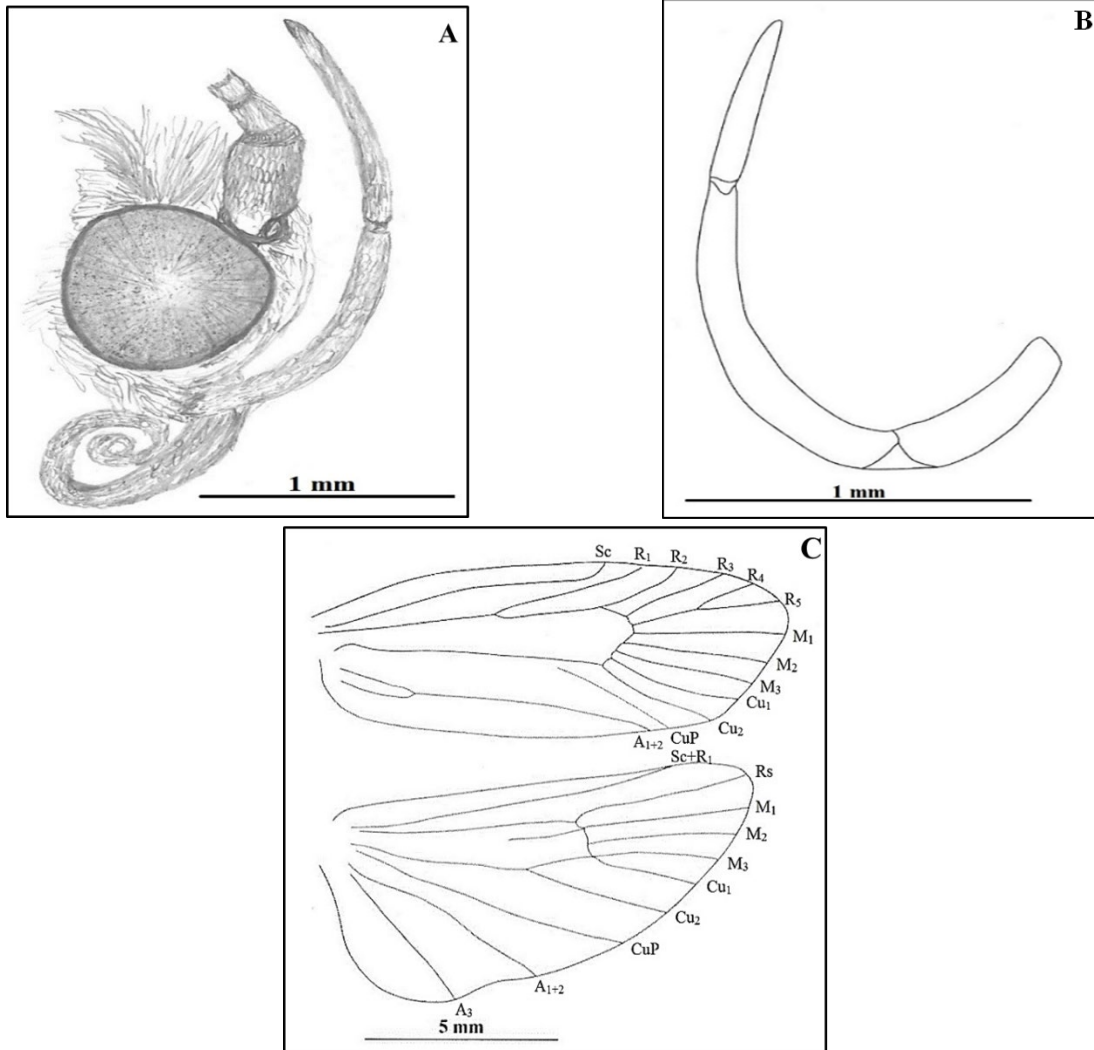
Female (Figure 2): On the head vertex, frons and antennae blackish gray; labial palpus, maxillary palpus and haustellum gray. On the vertex, frons, labial palpus, maxillary palpus and haustellum are densely covered smooth scales (Figure 3a). Head 1,75 times wider than its length. Antennae filiform and long, length 9 mm, densely covered with short cillia, its length 0,69 times longer than forewing length. Labial palpus long and well developed, strongly recurved upwards (Figure 3b). Its length 1,70 times as long as ocular diameter. The first labial segment is slight oblique and long. The second segment is long, strongly oblique upwards. The third segment is the same length as the first segment. Maxillary palpus with small 4 segments, rather short and thin and last segment (fourth segment) longest. Haustellum is very long, its length as long as antennae length. Eyes are round, large and dark brown. Ocelli and chaetosemata absent. Forewings are long, narrow and oval-shaped, its outer margin convexly curved, its length 2,71 times longer than its width. Surface of the forewings white, with blackish spot. Under surface of the forewings more dull blackish gray colored. Hindwings long and broad, its length 2,12 times longer than its width. Upper surface of the hindwings white and plain, and its apex light grayish. Under surface of the hindwings similar to the upper surface. Forewings 13 veined, with 2 anal veins. Hindwings 10 veined, with 3 anal veins (Figure 3c). Thorax with 5 back dots.

### **Female Genitalia**

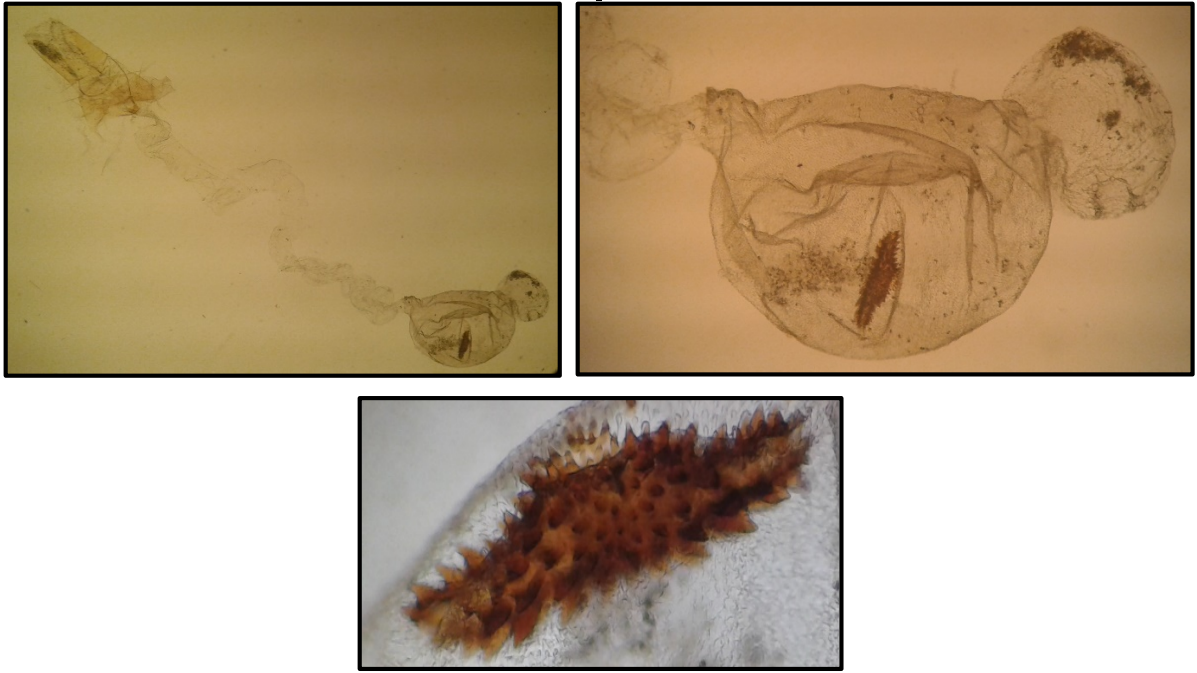
Papillae analis (ovipositor) is heavily sclerotized, long and slightly broad, with short and sparse setose. Apophyses posteriores long and thin; slightly longer than papillae analis. Segment VIII is sclerotized broad and medium length. Apophyses anteriores largely reduced. Antrum sclerotized long and narrow. Ductus bursae is extremely long, tubular and membranous. Corpus bursae rather big and broad, membranous with signum. Signum large and long, a spiny plate, subrhombic, and covered with more or less uniform teeth (Figure 4).



Figure 2. Adult females of *Ethmia candidella*

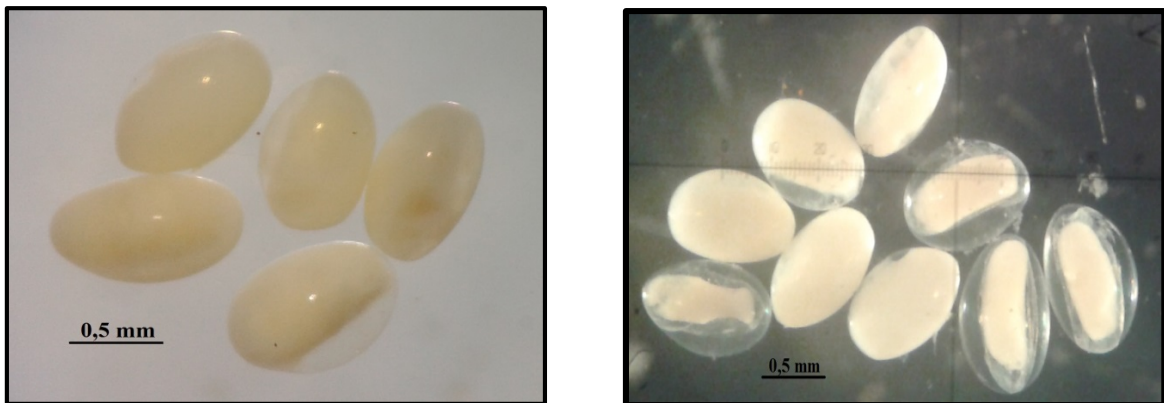


**Figure 3.** A) The head structure of *Ethmia candidella*; B) The labial palpus of *Ethmia candidella*;  
C) The veins of the forewing and hindwing



**Figure 4.** The female genitaliae of *Ethmia candidella* (General structure, corpus bursae and signum)

In addition, pictures of eggs obtained from fertilized females were taken under the microscope (Figure 5). Pictures of mature larvae and pupa of *E. candidella* are also given in order to present all the periods of the species in an integrity (a holistic manner) (Figure 6).



**Figure 5.** Appearance of *Ethmia candidella* eggs under the microscope





Figure 6. Larvae (URL-4) and pupae of *Ethmia candidella* (URL-5)



Figure 7. a, b) *Ethmia candidella* adults in cracks and crevices on *Populus alba*, c) The study area of the samples obtained

#### 4. Conclusions and Recommendations

This species is new record for the the lepidoptera fauna of Erzurum. In this study, identified the genital and external morphology of the female *E. candidella*. The important taxonomic characters of *E. candidella* were redefined in detail by comparasion of different parameters with each other. Each one of the genital and external taxonomic characters were measured with sterio microscope and digital caliper. All individuals of the insect were obtained towards the end of September and consist of completely fertilized females. This situation shows us that the species hibernated the winter in the egg stage. The bioecology of the species should be revealed with more detailed studies in the future.

## Authors' Contributions

All authors contributed equally to the study.

## Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

## Statement of Research and Publication Ethics

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

## References

- Atay, E. (2006). The Identity of *Parapoynx affinalis* (Guenee, 1854) (Lepidoptera, Crambidae, Nymphulinae) in Turkey. *Journal of Entomology*, 3(1), 76-81.
- Domingo, J., Huemer, P., and Baixeras J. (2003). *Ethmia penyagolosella* sp. n. (Lepidoptera: Ethmiidae), A New Species From Spain. *Nachr. Entomol.*, 24(4), 183-188.
- Koçak, A.Ö., and Kemal, M. (2006). Checklist of the Lepidoptera of Turkey. *Centre for Entomological Studies*, 1, 1-196.
- Koçak, A.Ö., and Kemal, M. (2007). Revised and annotated checklist of the Lepidoptera of Turkey. *Centre for Entomological Studies*, 8, 1-150.
- Koçak, A.Ö., and Kemal, M.. (2009). Revised checklist of the Lepidoptera of Turkey. *Centre for Entomological Studies*, 17, 1-150.
- Karsholt, O., and Razowski, J. (1996). The Lepidoptera of Europe A Distributional Checklist. Apollo Books. Denmark, 380 pp.
- Kayci, L., Karabacak, O., and Akın, K. (2012). *Ethmia candidella* (Alphéraky, 1908) Türünün Biyolojisi ve Yayılışı Üzerine Bir Araştırma (Lepidoptera, Ethmiidae). 21. *Ulusal Biyoloji Kongresi* (p.1018-1019). İzmir: Ege Üniversitesi.
- Kemal, M., and Koçak, A. Ö. (2017 a). Annotated list of moths of Süphan Volcano (Bitlis Province, East Turkey) (Lepidoptera). *Centre for Entomological Studies*, 1 (2), 124.
- Kemal, M., and Koçak, A. Ö. (2017 b). On some Microlepidoptera of Bahçesaray district (Van Province, East Turkey) (Lepidoptera). *Centre for Entomological Studies*, 15 (3), 124.
- Kemal, M., Kızıldağ, S., and Koçak A.Ö. (2020). Illustrated list of the Lepidoptera species of Zap valley (Hakkari Province, South East Turkey). *Centre for Entomological Studies*, 19(2), 147.
- Kun, A. (2004). A Review of The *Ethmia lineatonotella* Species Group, With Description of Two New Species (Lepidoptera, Ethmiidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 50(4), 337-351.
- Shovkoon, D. F. (2008). On The Rediscovery of *Ethmia discrepita* (Rebel, 1901) With Remarks on Brachyptery in Females of *Ethmia* (Ethmiidae). *Nota Lepidopterologica*, 31(2), 215-221.
- URL-1 [https://en.wikipedia.org/wiki/Ethmia\\_candidella](https://en.wikipedia.org/wiki/Ethmia_candidella) (Accessed Date:16 December 2020).
- URL-2 [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/8ab305bf-f354-4a7c-8daf-36fc58527fab](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/8ab305bf-f354-4a7c-8daf-36fc58527fab), (Accessed Date:16 December 2020).
- URL-3 <https://web.archive.org/web/20121103180218/http://www.nic.funet.fi/pub/sci/bio/life/insecta/lepidoptera/ditrysia/gelechioidea/oecophoridae/ethmiinae/ethmia/index.html>, (Accessed Date:16 December 2020).

URL-4: <http://dogalhayat.org/property/ethmia-candidella/>, (Accessed Date:17 December 2020).

URL-5: <https://lepidoptera.eu/species/3885>, (Accessed Date:17 December 2020).

Wei, C. H., Kun, A., and Yen, S. H. (2007). A Preliminary Analyses of The Phylogeny of The Ethmiidae Moths (Lepidoptera: Gelechioidea) With Special Reference to The Evolutionary Patterns Host Use. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 50(Suppl. 1), 61-100.

## **Feasibility Study and Techno-Economic Analysis of Stand-Alone Hybrid Energy System for Muğla Province Köyceğiz**

Aykut Fatih GÜVEN<sup>1\*</sup>, Emre POYRAZ<sup>2</sup>

### **Abstract**

In this study, technoeconomic analyses and environmental comparisons of various hybrid systems that will ensure that electricity needs are met independently of the grid of Köyceğiz district of Mugla, which has a population of about 40,000, were made. The unit energy cost of the hybrid energy system consisting of Solar Panel-Wind Turbine and Battery, which is planned to meet the electricity needs of the district with an average daily electricity consumption of 150,000 kWh, has been made net present value calculations. Homer (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) program was used to make these analyses. During the evaluations, various parameters (generator working load, wind turbine tower height, battery operating intervals, etc.) were changed for the system to be installed and sensitivity analyses were made. As a result of the study, the unit energy cost of the system, which can be installed independently of the grid, was calculated as \$0.182/kWh. Environmentally renewable and sustainable is the positive side of these systems. In addition, it has been observed that the cost decreases when parameters such as fuel cost, discount and inflation rates change.

**Keywords:** Hybrid Renewable Energy Systems, Technoeconomic Feasibility Analysis, HOMER.

## **Muğla İli Köyceğiz İlçesinin Elektrik İhtiyacının Hibrit Enerji Sistemleri İle Karşılanması ve Teknoekonomik Açından İncelenmesi**

### **Öz**

Bu çalışmada yaklaşık 40.000 nüfuslu Muğla ili Köyceğiz ilçesinin şebekeden bağımsız bir şekilde elektrik ihtiyacının karşılanmasını sağlayacak çeşitli hibrit sistemlerin teknoekonomik analizleri ve çevresel karşılaştırmaları yapılmıştır. Günlük ortalama elektrik tüketimi 150.000 kWh olan ilçenin, elektrik ihtiyacının karşılanması için planlanan Güneş Paneli-Rüzgâr Türbini ve Bataryadan oluşan hibrit enerji sisteminin birim enerji maliyeti, net bugünkü değer hesapları yapılmıştır. Bu analizlerin yapımında HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) programdan faydalanılmıştır. Değerlendirmeler yapılırken de kurulacak sistem için çeşitli parametreler (jeneratör çalışma yükü, rüzgâr türbini kule yüksekliği, bataryaların çalışma aralıkları vb..) değiştirilerek hassasiyet analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda şebekeden bağımsız kurulabilecek sistemin birim enerji maliyeti 0,182 \$/kWh olarak hesaplanmıştır. Çevresel anlamda yenilenebilir ve sürdürülebilir olması bu sistemlerin olumlu tarafıdır. Ayrıca yakıt maliyeti, indirim ve enflasyon oranları gibi parametrelerin değiştiği durumlarda da maliyetin azaldığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri, Teknoekonomik Fizibilite Analizi, HOMER.

<sup>1</sup>Yalova University, Department of Energy Systems Engineering, Yalova, Turkey, afatih.guven@yalova.edu.tr

<sup>2</sup>Yalova University, Department of Energy Systems Engineering, Yalova, Turkey, emrepoyraz1996@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1071-9700> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7970-2894>

## 1. Introduction

With the developing technology and industrialization, the use and need of energy in the world is increasing day by day. Countries primarily use fossil fuels to meet these needs. Usage rates of fossil fuels have been at the highest level due to the economic feasibility of the past years and the development and widespread use of production systems. However, the oil crisis that broke out towards the end of the 20th century has reduced the trust in fossil fuels and the life expectancy for the future has become a big problem. In addition, the negative impact of fossil fuels on the environment and causing global warming has significantly increased the demand and use of renewable energy. The fact that there is no issue such as the depletion of renewable energy sources and the homogeneous distribution of many renewable energy sources in the world has made renewable energy popular.

The important advantage of renewable energy sources is that they can form a hybrid system with other energy sources. Hybrid energy systems are generally systems in which two or more different energy generation systems work together to feed electrical or thermal load. There are hybrid renewable energy systems that can operate on the grid or independently from the grid. Systems that operate independently from the network are used together with diesel generators in order to obtain energy in rural areas and far from energy transmission lines.

The use of hybrid systems created by using renewable energy sources together provides many positive features. Utilizing the energy provided by the sun only during the daytime, the lack of continuous energy from wind energy restricts the use of these systems or ensures that this stored energy can be used when the system cannot produce energy by providing storage at high capacities. Demands for hybrid energy systems in which solar and wind energy are used together, which lead the sector in the use of renewable energy sources, are increasing day by day. In addition, the use of diesel generator systems besides solar and wind energy in hybrid systems prevents the continuous energy provided in the system, as well as the installation of unnecessary solar or wind energy and reduces the energy unit cost.

Similar studies have been conducted using Solar cells or PV, wind turbines, fuel cells (used either for energy conversion or as a storage unit) for different locations like islands in Dongfushan Island, farthest eastern inhabited island in China which relies on diesel generation to meet the energy demand. Integrating RES to improve energy reliance has been proposed for this island due to the unavailability of to meet the island's energy demand have been proposed in (B. Zhao et al., 2014). A case study has been conducted for integrating HRES considering PV arrays, wind turbines, and battery storage option to meet the electrical load demand at Catalina Island in California (H. Rui et al., 2011).

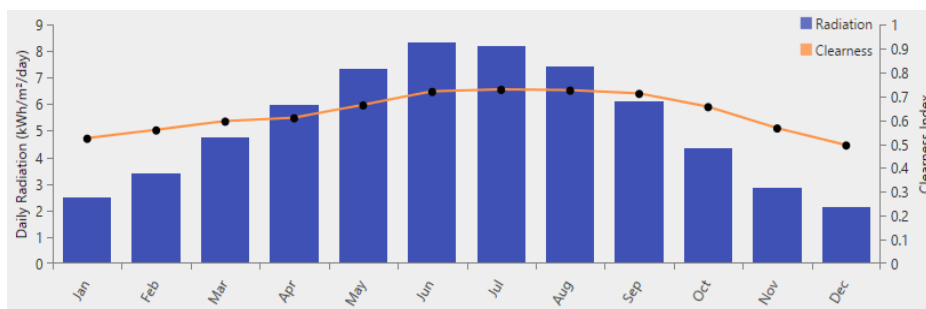
In this study, it is aimed to design a hybrid system that will meet the electricity needs of a district with a population of 40,000 and to investigate and compare the technological and environmental effects of this system.

## 2. Materials and Methods

The location selected as the place where the project is in Turkey's Aegean province of Mugla Koycegiz Area (36 ° 97 'N, 28 ° 69' E) district. The research and data obtained were made for a district with a population of 40,000. 1-day electricity load requirement of this population has been taken as 150,000 kWh / day. It has been determined that the peak power value of this district during the day is 27,849.90 kW.

The amount of energy that can be produced by solar panels that will produce electricity from solar energy is directly related to the meteorological data of the region. The solar energy data of the region are taken from NASA's database, which is integrated into the HOMER program. As seen in Figure 1, the solar energy potential of the region is more in summer and less in winter than in summer. However, the daily solar energy potential throughout the year has been determined as 5.27 kWh / m<sup>2</sup> / day.

Since the investment costs of wind turbines are very high, the wind speed profile of the area to be installed is very important. The wind speed profile of the region has been taken from NASA's database as in the solar energy potential and it has been observed that the average wind speed is 4.34 m / s. In cases where solar energy may be insufficient during the winter months, it is obvious that wind energy will complement these deficiencies and the two will complement each other. Due to these features, they have been the two most preferred energy sources in hybrid systems. The wind speed profile of the region is also shown in Figure 2.



**Figure 1.** Solar irradiation and clearness index for the selected region

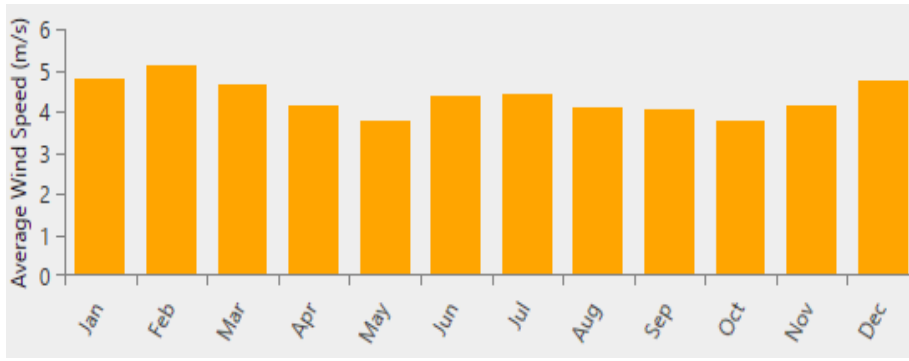


Figure 2. Wind speed for the selected region

### 2.1 HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables) Program Used in Hybrid System Modeling

Homer is a program developed by the micro power optimization model NREL, which provides the most suitable budget system with the design of micro power systems and different combinations of different power supplies. Homer is the world's most advanced micro-grid modeling software. The physical behavior of the systems, the lifetime cost, which is the sum of the processing cost and the installation cost, and the energy unit cost, are found for different combinations. Although it is generally used for electricity generation, there are also heat generation applications. The models with / without energy storage connected to the grid / connected to the grid can be examined separately. In short, the HOMER program has developed various hybrid energy system models in different parts of the world and thanks to these models, it can find the most cost-effective hybrid energy system for the relevant geographic region. In doing so, it provides us with information about which hybrid energy system is more applicable in possible situations because of the different sensitivity analyzes it contains. The software can perform simulations of hundreds of data that can take many hours to ensure the optimum state between demand and supply to help design the best system. The diagram given in Figure 3 also shows the flow diagram for Homer software.

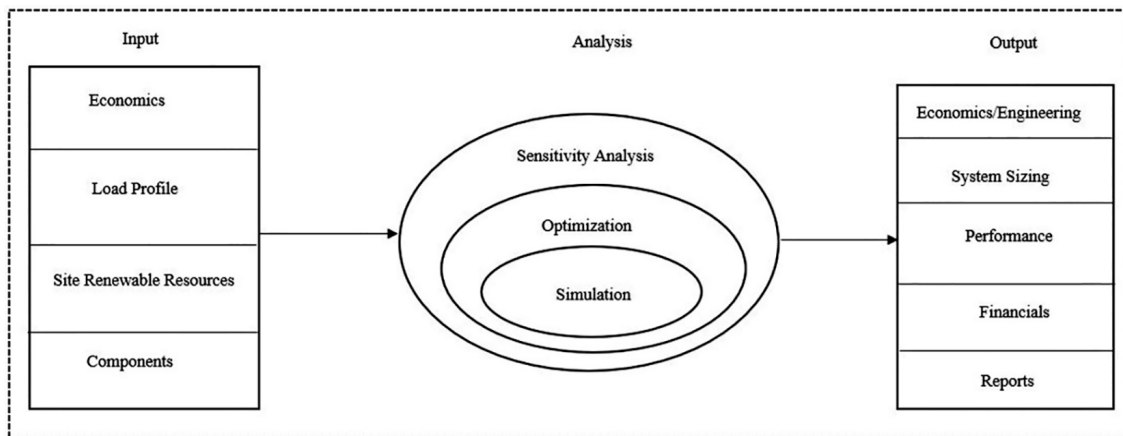


Figure 3. Flow-diagram for the homer software.

## 2.2 Components of the Hybrid System

The basic components of the hybrid system to be designed can be written as solar panels, wind turbine, diesel generator, inverters and batteries. The inverter is for converting electrical power from AC or DC depending on the direction of power. The system needs an AC current and the battery also needs DC to charge. An inverter is added to optimize this power control and conversion. A diesel generator can be added to the system as a system element that is activated when all other components are deficient. All these components have been integrated into the system and simulated in the Homer program. In Figure 4, the schematic diagram of the system's Homer program is given.

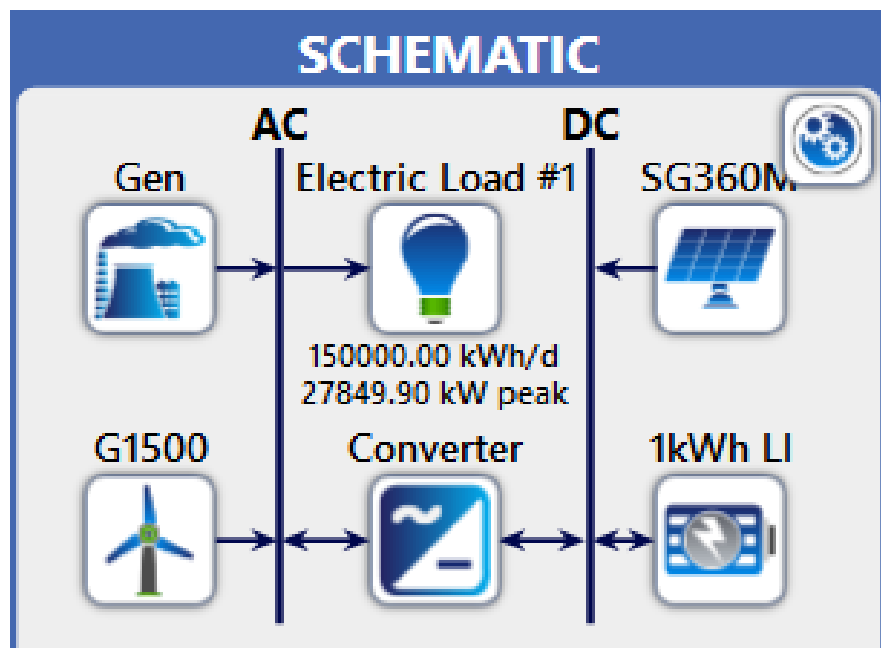


Figure 4. Schematic diagram for the hybrid system.

### 2.2.1 Solar Panels

Solar panels are one of the most important parts of hybrid systems, and they enable direct generation of electrical energy from the sun rays on the panel without any moving accents. Solar energy is the most important renewable energy source that has the capacity to meet the electricity needs of the whole world. The solar panel used in this system is one of the panels integrated with the HOMER program. And the most important parameter here is the cost per kW. The Peimar SG360M with generic solar panel was used for the evaluation, and the properties of the selected module is indicated in Table 1.

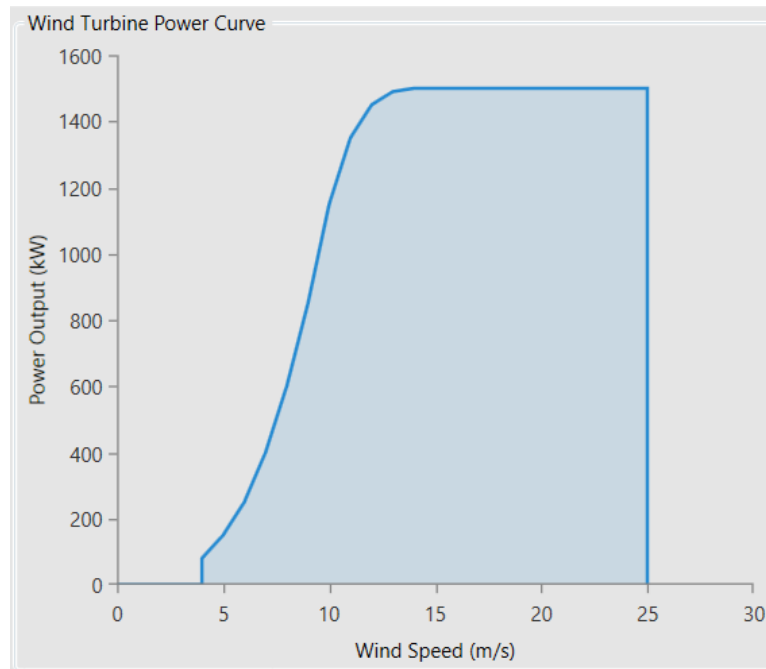


**Table 1.** Technical parameters for the PV module.

| Description                | Value reference |
|----------------------------|-----------------|
| Panel type                 | Flat plate      |
| Abbreviation               | Peimar SG360M   |
| Rated capacity (kW)        | 1               |
| Temperature coefficient    | -0.352          |
| Operating temperature (0C) | 25              |
| Efficiency (%)             | 18.5            |
| Capital cost (\$/kW)       | 650             |
| Replacement cost (\$/kW)   | 650             |
| O&M cost (\$/year)         | 40              |
| Lifetime (years)           | 30              |

### 2.2.2 Wind Turbine

Wind turbines are one of the most suitable systems for reducing the unit energy cost. However, since it is very high, it is not very suitable for power plant systems with sufficient capacity. Generic 1.5 MW wind turbine was used in this system. Technical Parameters are included in Table 2. The installation and maintenance cost of the turbine is \$ 3 Million, and the maintenance cost is \$ 30,000 / year. The graph of the output power-Wind Speed of the wind turbine is given in Figure 5.

**Figure 5.** Power curve for the Generic [1.5 MW] wind turbine.

**Table 2.** Technical parameters of the wind turbine.

| Description                    | Value reference |
|--------------------------------|-----------------|
| Manufacturer                   | Generic         |
| Rated capacity (kW)            | 1500            |
| Rotor diameter (m)             | 80              |
| Hub height (m)                 | 70              |
| Capital cost (\$/kW)           | 3,000,000.00    |
| Replacement cost (\$/kW)       | 3,000,000.00    |
| O&M (\$/year) Maliyeti(\$/yıl) | 30,000.00       |

### 2.2.3 Batteries

Batteries are systems that store electrical energy in chemical form and are used for backup purposes. Here, they ensure that the energy produced by renewable energy sources is stored for the purpose of using the over-use in the following times. Lithium-Ion batteries with a capacity of 1 kWh were also used in this system. Technical parameters of the battery are included in Table 3.

**Table 3.** Technical parameters of the battery.

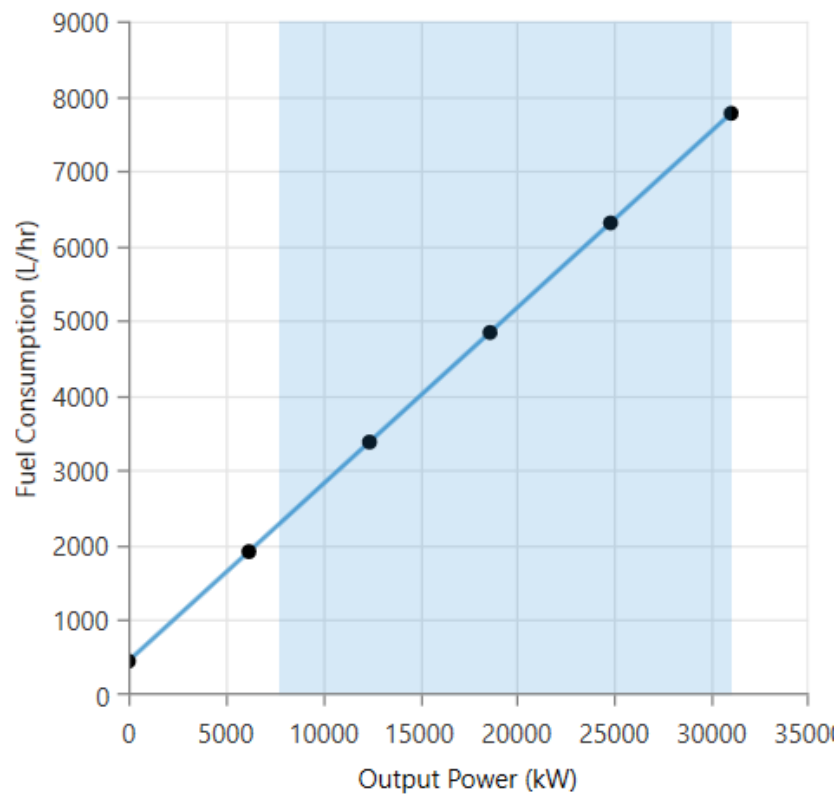
| Description                  | Value reference |
|------------------------------|-----------------|
| Nominal voltage(V)           | 6               |
| Nominal capacity (Kwh)       | 1               |
| Maximum capacity (Ah)        | 167             |
| Round trip efficiency        | 90              |
| Maximum charge current (A)   | 167             |
| Maximum discharge current(A) | 500             |
| Quantity                     | 104,968         |
| Lifetime (Years)             | 15.00           |
| Throughput(kWh)              | 3,000.00        |
| Capital cost (\$/kWh)        | 550.00          |

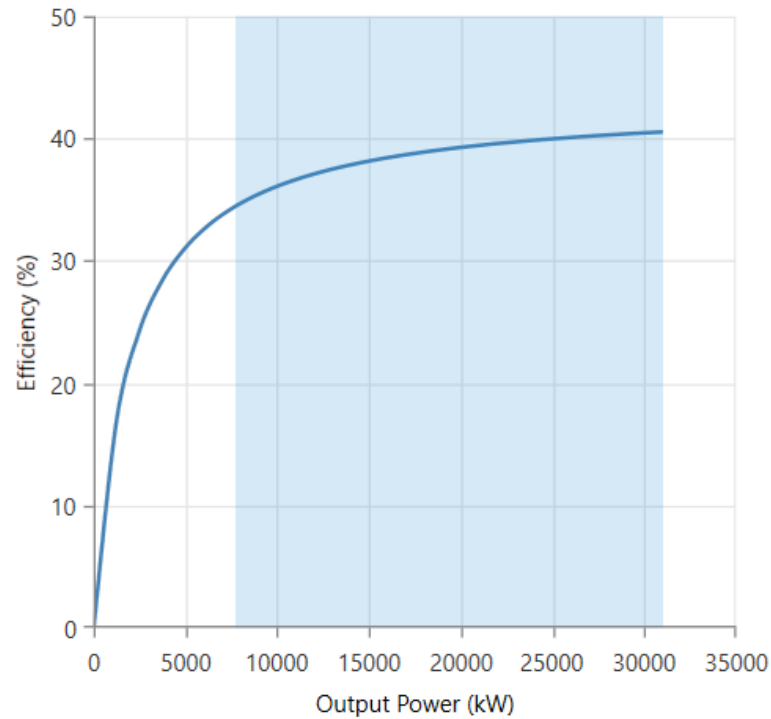
### 2.2.4 Diesel Generator

According to research, the cost per kW in diesel generators varies in the price range of \$250 to \$500. The cost value per kW in diesel generators decreases as power increases. The fuel consumption and efficiency graph of the diesel generator used is included in Figure 6 and Figure 7. The technical parameters of the generator are shown in Table 4.

**Table 4.** Technical parameters for the generator.

| Description                 | Value reference |
|-----------------------------|-----------------|
| Fuel                        | Diesel          |
| Capacity (kW)               | 1500            |
| Fuel curve intercept (L/hr) | 455             |
| Fuel curve slope (L/hr/kW)  | 0.236           |
| CO (g/L/fuel)               | 16.5            |
| Unburned HC (g/L fuel)      | 0.72            |
| Particulates (g/L fuel)     | 0.1             |
| Fuel sulfur to PM (%)       | 2.2             |
| NOX (g/L fuel)              | 15.5            |
| Initial capital (\$/kW)     | 500.00          |
| O&M cost (\$/h)             | 0.030           |
| Fuel price (\$/L)           | 1.2             |

**Figure 6.** Fuel curve for the generator.



**Figure 7.** Efficiency curve for the generator.

### 2.2.5 Converter

The Studer Innotec SA AJ 700-48 converter with capacity of 1 kW was selected for this analysis. A capital cost of \$ 300, replacement cost of \$300 and O&M cost of 20 \$/year was used. It has a lifetime of 25 years

### 2.3 Economic Analysis Inputs

The HOMER program uses an annual actual interest rate when performing calculations per cost. The actual interest rate is calculated by the current interest rate and the use of inflation rates together. The actual annual interest rate can also be calculated as follows.

$$i=(i'-f)/(1+f)$$

Here;

i: Annual actual rate

f: Annual inflation rate

i': current interest rate

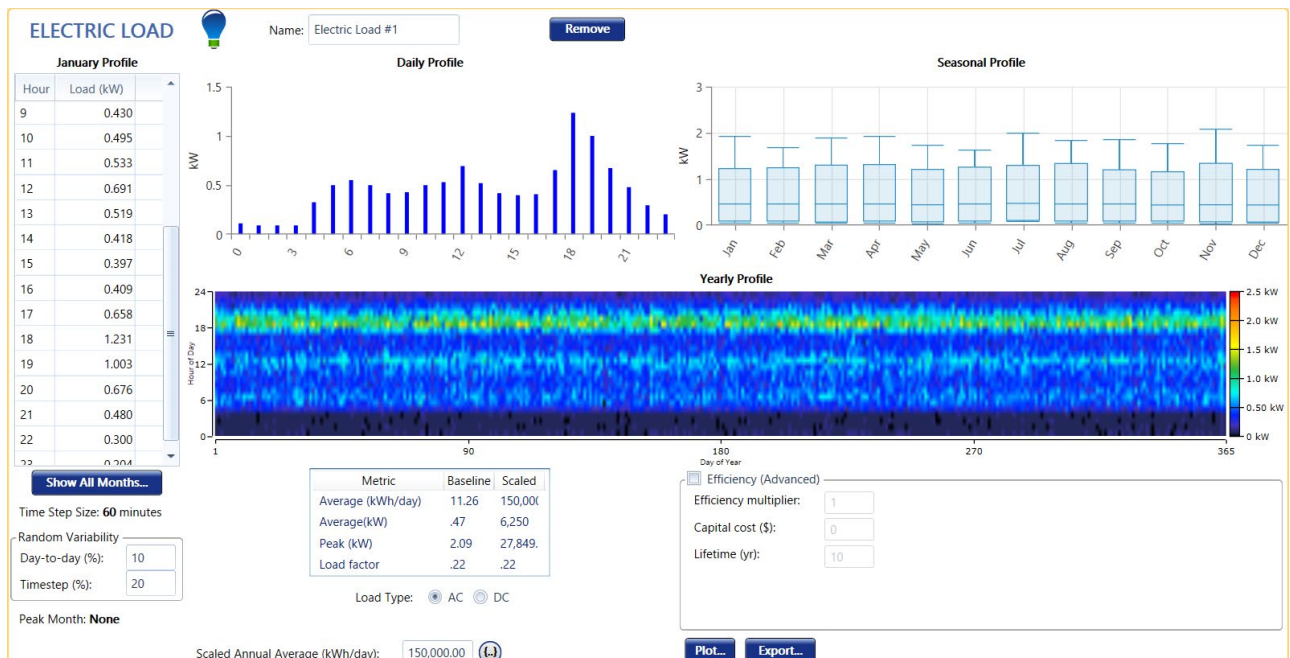
In this study, the current interest rate was taken as 17%, the current inflation rate was 14%, and the actual interest rate was calculated as 2.63%.

### 2.4 Results of the Study and Discussion

As a result of the simulations, multiple systems that can be installed for the selected region have been developed. As shown in Table 5 below, the results of the 6 most suitable system in terms of Renewable Fraction values are included. Using meteorological data of the region, wind turbine height was taken as 50m, diesel generator fuel price was \$1.2, commissioning load was taken as 25%. In addition, cases where the generator produces only electricity and system loads are constant have been examined. However, the electricity consumption of the district during the day is 150,000 kWh and the peak load value is 27.849 kWh and shown in figure 8. In addition, Figure 9 has monthly load profiles of electricity consumption.

**Table 5.** List of hybrid kWh models resulting from simulation.

| Architecture |       | Cost     |         |                |          | System   |          | Gen                    |                      |              |                   | SC    |                  |            |                  |                   |                   |
|--------------|-------|----------|---------|----------------|----------|----------|----------|------------------------|----------------------|--------------|-------------------|-------|------------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|
| SG360M (kW)  | G1500 | Gen (kW) | 1kWh LI | Converter (kW) | Dispatch | NPC (\$) | COE (\$) | Operating cost (\$/yr) | Initial capital (\$) | Ren Frac (%) | Total Fuel (L/yr) | Hours | Production (kWh) | Fuel (L)   | O&M Cost (\$/yr) | Fuel Cost (\$/yr) | Capital Cost (\$) |
| 51,761       | 8     |          | 104,968 | 19,575         | CC       | \$176M   | \$0.182  | \$3.01M                | \$121M               | 100          | 0                 |       |                  |            |                  |                   | 33,644,836        |
| 81,338       |       |          | 134,824 | 26,775         | CC       | \$195M   | \$0.204  | \$3.32M                | \$135M               | 100          | 0                 |       |                  |            |                  |                   | 52,869,676        |
| 48,235       | 8     | 31,000   | 105,440 | 22,493         | LF       | \$207M   | \$0.208  | \$3.92M                | \$136M               | 95.7         | 695,070           | 300   | 2,367,404        | 695,070    | 279,000          | 834,083           | 31,352,602        |
| 72,917       |       | 31,000   | 125,000 | 23,789         | LF       | \$227M   | \$0.228  | \$4.85M                | \$139M               | 94.0         | 958,285           | 410   | 3,270,865        | 958,285    | 381,300          | 1,149,942         | 47,396,148        |
|              | 25    | 31,000   | 86,252  | 18,155         | CC       | \$332M   | \$0.334  | \$10.4M                | \$143M               | 67.5         | 4,519,864         | 701   | 17,803,098       | 4,519,864  | 651,930          | 5,423,838         |                   |
|              | 49    |          | 222,488 | 34,800         | CC       | \$438M   | \$0.461  | \$8.73M                | \$280M               | 100          | 0                 |       |                  |            |                  |                   |                   |
|              |       | 31,000   | 46,036  | 17,255         | CC       | \$567M   | \$0.571  | \$28.7M                | \$46.0M              | 0            | 15,682,981        | 2,533 | 61,579,004       | 15,682,981 | 2,355,690        | 18,819,578        |                   |
| 105,154      | 28    | 31,000   |         | 13,105         | CC       | \$571M   | \$0.575  | \$22.0M                | \$172M               | 35.0         | 10,405,425        | 4,408 | 35,600,980       | 10,405,425 | 4,099,440        | 12,486,509        | 68,350,184        |
| 154,376      |       | 31,000   |         | 15,666         | CC       | \$632M   | \$0.636  | \$28.2M                | \$121M               | 8.52         | 14,545,880        | 5,997 | 50,085,040       | 14,545,880 | 5,577,210        | 17,455,056        | 100,344,416       |
|              | 41    | 31,000   |         |                | CC       | \$653M   | \$0.657  | \$28.4M                | \$139M               | 18.4         | 13,024,549        | 5,446 | 44,699,848       | 13,024,549 | 5,064,780        | 15,629,459        |                   |



**Figure 8.** Profiles for electric charge

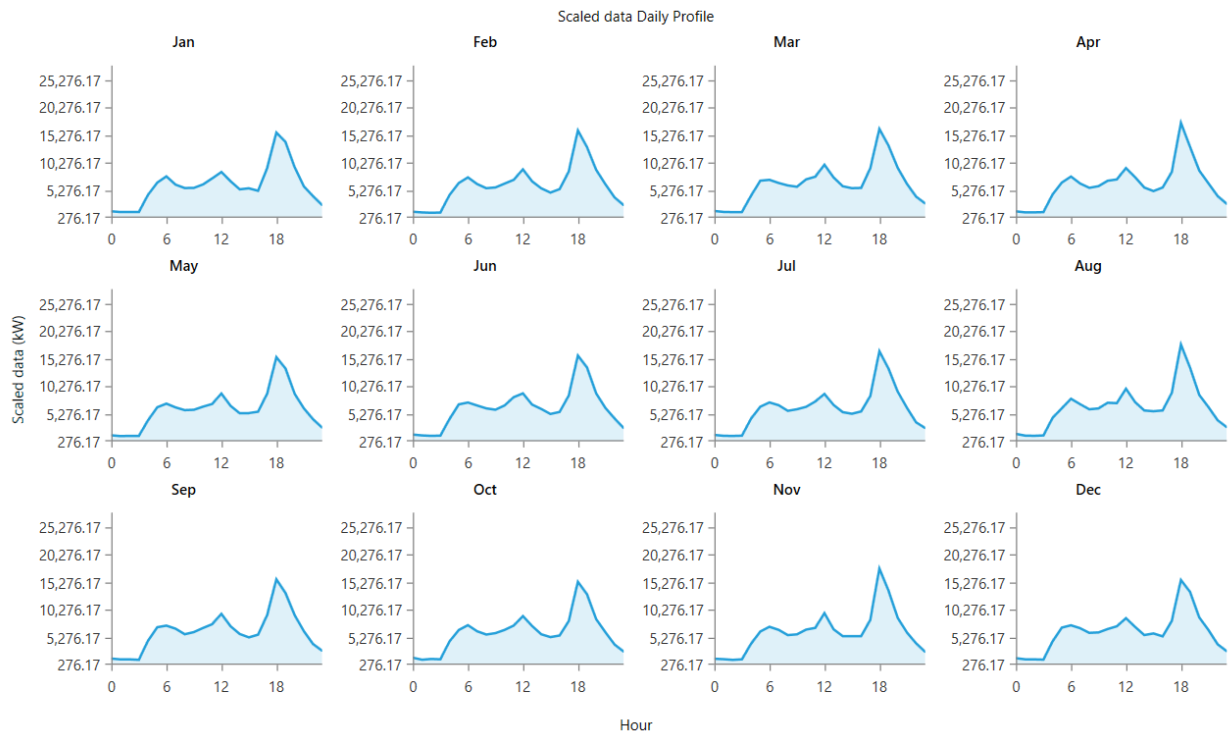


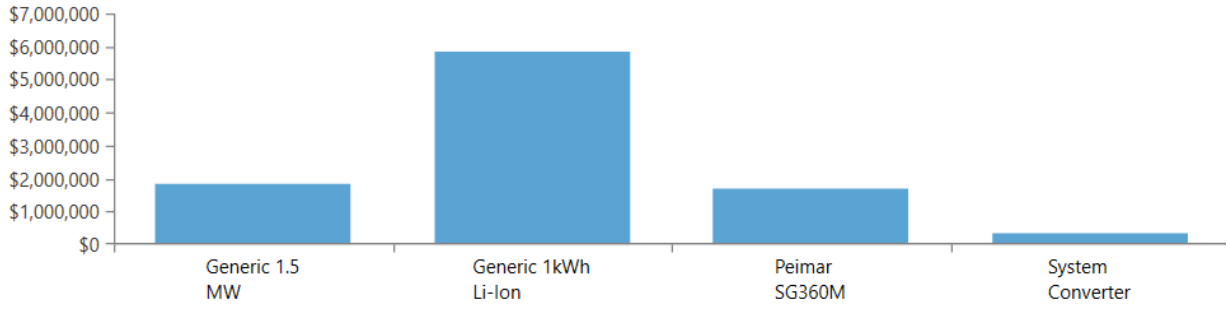
Figure 9. Monthly load profile of electricity consumption

### 2.5 Economic and Technical Analysis

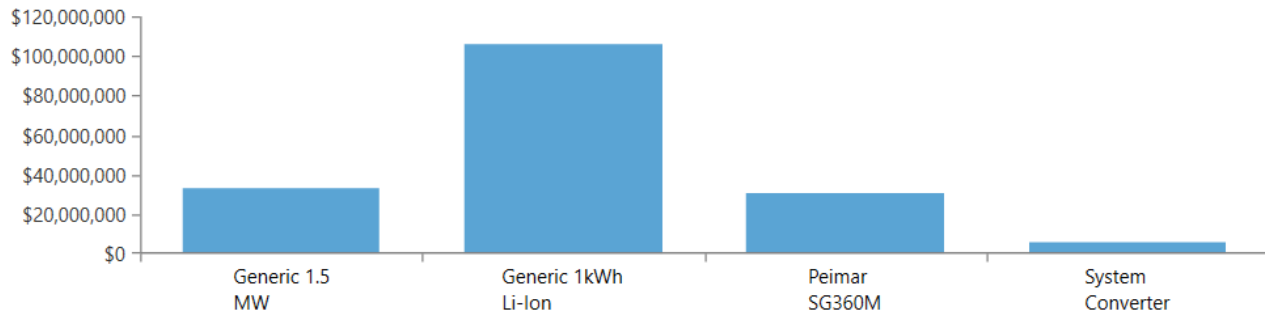
The most appropriate value was obtained because of simulation for the specified region. Unit energy cost is calculated as \$0.182. It has a 100% renewable rate in terms of hybrid energy system. Table 6 contains cost values for the equipment and other components that make up the hybrid energy system. Annual and current net costs of system elements are also seen in Figure10 and Figure11.

Table 6. Table containing the system's cost information.

| Component           | Capital (\$)     | Replacement (\$) | O&M (\$)        | Total (\$)       |
|---------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Generic 1.5 MW      | \$24,000,000.00  | \$14,275,490.31  | \$4,356,023.86  | \$33,228,929.67  |
| Generic 1kWh Li-Ion | \$57,732,400.00  | \$39,139,726.38  | \$19,051,796.34 | \$105,994,518.35 |
| Peimar SG360M       | \$33,644,836.08  | \$0.00           | \$0.00          | \$30,715,684.10  |
| System Converter    | \$5,872,461.16   | \$0.00           | \$0.00          | \$5,872,461.16   |
| System              | \$121,249,697.24 | \$53,415,216.69  | \$23,407,820.19 | \$175,811,593.28 |



**Figure 10.** Annual costs of system elements



**Figure 11.** Current net costs of system elements

According to homer simulation results, compared to first system and second system, wind turbid was removed in second system. The most suitable solution was offered using 51,761 solar panels, 8 wind turbine, 104,968 batteries and 19,575 converters. The net present value of the first system was determined as \$176M, unit energy cost was \$0.182 and operating cost was \$3.01M. In the second system, it was seen that the wind turbine was removed. 81,338 solar panels, 134,824 batteries and 26,775 converters were used. The net present value of the second system is calculated as \$195M, unit energy cost is \$0.204 and operating cost is \$3.32M. In the third system, 48,235 solar panels, 8 wind turbine, 31,00 generators, 105,440 batteries and 22,493 in-house insurers are used. The net present value of the third system is calculated as 207M\$, unit energy cost is \$0.208 and operating cost is \$3.92M.

Since an energy system that cannot be renewed enters the third system, the gases that will be released into the atmosphere bring a great disadvantage together. Although the renewable energy factor of first system and second system is 100%, this value has decreased to 95.7% in third system. Due to the use of the diesel generator, various gases will be released into the atmosphere and clean energy will be waived. Table 7 contains emission values for gases released into the environment due to the use of diesel generators. The unit energy cost and net present value of the third system increased compared to the first system and second systems. Therefore, the selection of the first system is much cleaner and more convenient in every way.

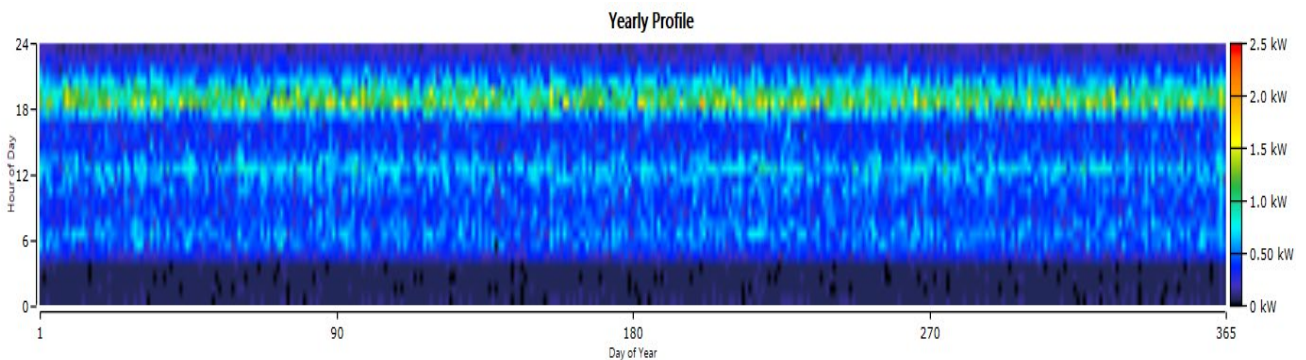
**Table 7.** Emission values of gases that the third system releases into the environment.

| Toxic Emission        | Value (kg / yr) |
|-----------------------|-----------------|
| Carbon Dioxide        | 1,819,424       |
| Carbon Monoxide       | 11,469          |
| Unberned Hydrocarbons | 500             |
| Particulate Matter    | 69,5            |
| Sulfur Dioxide        | 4,455           |
| Nitrogen Oxides       | 10,774          |

### 2.6 Effects of Battery Use on The System

The use rate of batteries in network independent systems is high. Batteries are often not preferred on the grounds that they will increase the cost of the system. However, with the simulations carried out, it was seen that it contributed positively to the cost in the system. The general spread of solar density and wind speeds throughout the year increases the frequency of use of generators in battery-free systems. As shown in Table5, the unit energy cost in systems using batteries is \$0.182, while in systems where the battery is not used, this rate is \$0.575.

The electrical load requirement required for the system; the shapes related to the batteries that help to meet this electrical need are also given below. Figure12 shows the Hourly Electric Charge throughout the Year, the figure the Occupancy Rate of The Hourly Battery Benches for 13 Years, and the charging status of the figure14 batteries during the year on an hourly day. It is also seen in figure 13, where the batteries reach 100% occupancy at noon when the sun's rays are intense and meet the need for the supply of loads in the remaining hours.



**Figure 12.** Yearly profile



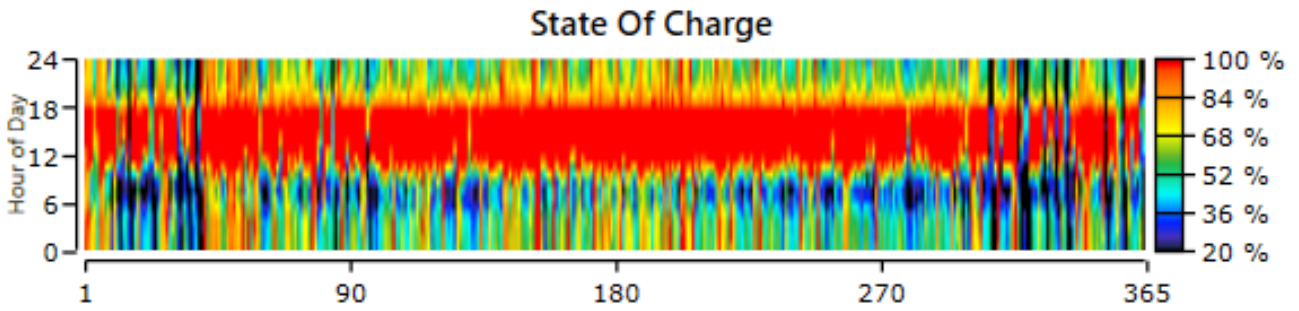


Figure 13. Yearly state of charge of battery for the hybrid system.

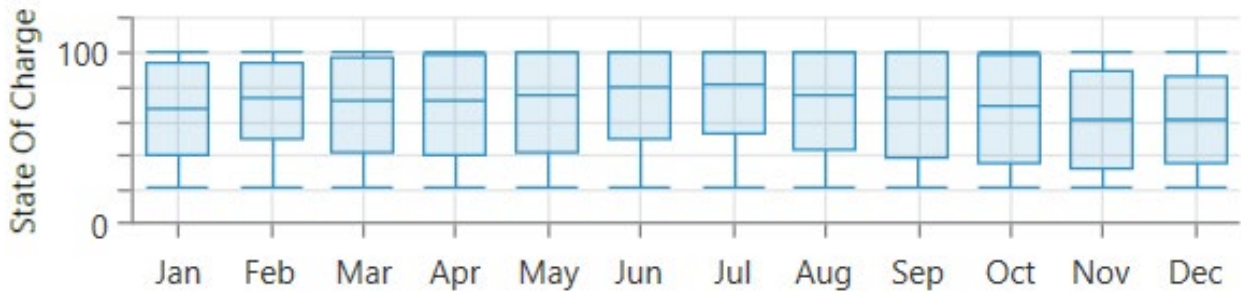


Figure 14. Monthly state of charge of battery for the hybrid system.

### 2.7 Evaluation of All Optimization and Sensitivity Analysis

As a result of all these data and analyzes, it increases system efficiency if the batteries are actively used in the system and the generator is operated at 25% capacity. In this selected system, all electricity production is provided by renewable energy sources. Figure 15 shows the electricity generation chart of renewable energy sources.

| Production     | kWh/yr      | %    |
|----------------|-------------|------|
| Peimar SG360M  | 90,267,173  | 79.1 |
| Generic 1.5 MW | 23,909,958  | 20.9 |
| Total          | 114,177,131 | 100  |

| Consumption     | kWh/yr     | %   |
|-----------------|------------|-----|
| AC Primary Load | 53,215,237 | 100 |
| DC Primary Load | 0          | 0   |
| Deferrable Load | 0          | 0   |
| Total           | 53,215,237 | 100 |

| Quantity            | kWh/yr     | %    |
|---------------------|------------|------|
| Excess Electricity  | 56,904,495 | 49.8 |
| Unmet Electric Load | 1,534,763  | 2.80 |
| Capacity Shortage   | 2,776,590  | 5.07 |

| Quantity                | Value | Units |
|-------------------------|-------|-------|
| Renewable Fraction      | 100   | %     |
| Max. Renew. Penetration | 2,503 | %     |

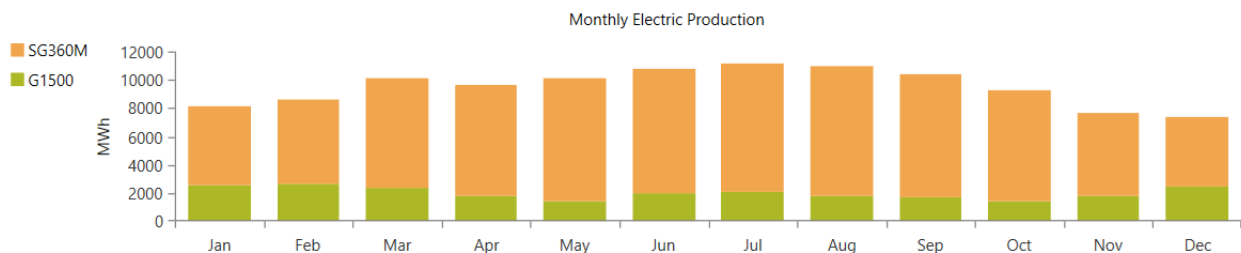


Figure 15. Electricity generation of solar and wind system

As a result of the research, when the average solar radiation and wind speed in Turkey were taken into account, it was seen that these values could increase to 6.5 m/s for wind speed and 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/day of average solar radiation. For locations that can meet these features, much more efficient and cost-effective hybrid systems can be designed. As shown above, the complete renewable of the first system selected from Table 5 (PV-Wind Turbine-Batteries) is a very positive result both environmentally and economically. The ability to meet the electrical needs of such a large system with solar panels and wind turbines is very important and pleasing for the use and development of renewable energy systems. However, the use of batteries in the system has made positive contributions to the system both in terms of cost and continuity. The presence of a battery system that can be activated in cases where wind turbines and solar panels are inadequate also prevents power outages. If a diesel generator is added to system1, as seen in Table 5 (PV-Wind Turbine-Diesel Generator-Batteries), it will reduce the number of solar panels in the system. However, the renewable energy rate of the system will decrease to 95.7%. The increase in the cost of gases and unit energy to be released into the environment is seen among the negative sides of this system.

### 3. Conclusions and Recommendations

This study aims to reveal the techno-economic potential of a commercial hybrid energy system that will meet the electricity needs of the Muğla province Köyceğiz district with a population of approximately 40,000. Optimum design and operation strategy for Solar-Wind Turbine-Battery and Solar-Wind Turbine-Diesel Generator-Battery hybrid systems has been evaluated. Unit energy cost and capital cost are some of the basic parameters that investors take into account during feasibility studies. As a result of the calculations, the unit energy cost results obtained for the Solar-Wind Turbine-Battery hybrid system are 0.182 \$ / kWh and the Solar-Wind Turbine-Diesel Generator-Battery hybrid system is 0.208 \$ / kWh. Net present values of 176 M \$ and 207 M \$ were obtained for Solar-Wind Turbine-Battery and Solar-Wind-Diesel Generator-Battery systems, respectively. The unit energy cost obtained is reflected as 0.177 \$ / kWh in the grid electricity pricing for the household consumers of Köyceğiz district.

From the sensitivity analysis, it is clear that the government and policymakers have a very important role to play in making the cost of electricity affordable for households and commercial consumers. One of the factors that has a significant impact on unit energy cost is fuel cost, and the cost of fuel in Turkey is determined by factors such as exchange rate, crude oil price and inflation among others. While some factors are out of the control of the Turkish government, the economic environment for investment can be created by controlling values such as inflation, discount rate and

interest rates. In addition, the renewable energy law alone is not enough to attract both local and international investments to the sector. The government must make an informed effort by setting policies and strategies on the part of utility companies and energy sector players to help the industry thrive. In order to provide investors with a safe environment for their investments to grow, the commitment to the sector should transparently set specific policies. The creation of an investment environment may include, but is not limited to investment incentives, competitive tariff guarantee, sales tax exemptions for renewable energy equipment can be applied to promote the development of renewable energy.

It also reveals the fact that the unit cost of the energy produced by hybrid energy systems will be even cheaper than the energy conventionally produced as a result of the further development of technology and the decrease in renewable energy equipment costs. In addition to cost, electricity generation with 100% renewable energy sources also produces positive results from an environmental point of view.

### **Authors' Contributions**

All authors contributed equally to the study

### **Statement of Conflicts of Interest**

There is no conflict of interest between the authors.

### **Statement of Research and Publication Ethics**

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

### **References**

- B. Zhao., X. Zhang., P. Li., K. Wang., M. Xue., and C. Wang, (2014). Optimal sizing, operating strategy and operational experience of a stand-alone microgrid on Dongfushan Island. *Applied Energy*, vol. 113, Pp. 1656-1666.
- H. Rui., S. H. Low., U. Topcu., K. M. Chandy., and C. R. Clarke, (2011). Optimal design of hybrid energy system with PV/wind turbine/storage: A case study, *Smart Grid Communications (SmartGridComm)*. IEEE International Conference on, Pp. 511-516.

## **Biyomedikal ve Tıbbi Atıkların Yönetimine Dair Mevzuatın Uygulanmasının Araştırılması**

Muhammed Kamil ÖDEN<sup>1\*</sup>

### **Öz**

Teknolojik ve bilimsel gelişmeler günümüzde insanların yaşam kalitelerini arttırmıştır. Sağlık alanındaki icat ve buluşlar insan ömrünün uzamasını sağlamıştır. Aynı zamanda birçok hastalığın yok olmasına veyahut yeni ilaçlar ve yeni yöntemler ile hastaların tedavi olmalarını sağlamıştır. Fakat bu yeni gelişmeler aynı zamanda çevre kirliliğinin, atıkların miktarlarının ve çeşitliliğinin de artmasına neden olmuştur. Oluşan bu tıbbi ve biyomedikal atıklar çevre ve halk sağlığı açısından riskler taşımaktadır. Bu gelişmelerin yanında son yıllarda ortaya çıkan Covid-19 (*SARS-CoV-2*) salgını dönemi ile sağlık kurumlarının faaliyet ve görevleri daha da artmıştır. Bu artış haliyle hem tıbbi ve biyomedikal atıkların hem de evsel atıkların miktarlarını ve çeşitliliğini de arttırmıştır. Bu çalışma ile oluşan tıbbi ve biyomedikal atıkların ayrı toplanması, taşınması, geçici depolanması ve nihai bertarafına kadar süreçleri ilgilendiren kanun ve yönetmelik hükümleri daha kısa ve öz şekilde özetlenmiştir. Yürürlükte bu atıkları ilgilendiren kanun ve yönetmelikler listelenmiştir. Tıbbi atık yönetim planlarının önemi ve planlamasına katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Tıbbi atık yönetim planının başarılı olmasında en önemli görev sağlık çalışanlarının olduğu belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomedikal, Tıbbi, Atık, Yönetmelik, Çevre, Sağlık.

## **Investigation of the Application of the Legislation on the Management of Biomedical and Medical Wastes**

### **Abstract**

Technological and scientific developments have increased the quality of life of people today. Inventions and discoveries in the field of health have made human life longer. At the same time, it has enabled many diseases to be eliminated or patients to be treated with new drugs and new methods. However, these new developments also caused an increase in environmental pollution, the amount and variety of wastes. These medical and biomedical wastes pose risks in terms of environment and public health. In addition to these developments, with the Covid-19 (*SARS-CoV 2*) epidemic period that has emerged in recent years, the activities and duties of health institutions have increased even more. With this increase, the amount and variety of both medical and biomedical wastes and domestic wastes have increased. With this study, the provisions of the laws and regulations concerning the separate collection, transportation, temporary storage and final disposal of the medical and biomedical wastes are summarized in a shorter and concise manner. The laws and regulations regarding these wastes are listed in effect. It has been tried to contribute to the importance and planning of medical waste management plans. It has been stated that the most important task for the success of the medical waste management plan is the healthcare professionals.

**Keywords:** Biomedical, Medical, Waste, Regulation, Environment, Health.

<sup>1</sup>Selçuk Üniv., Sarayönü MYO, Çevre Kor. Tek. Bölümü, Çevre Koruma Kontrol Prog., Konya, Türkiye, muhammedkoden@selcuk.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0573-5634>

## 1. Giriş

Günümüzde artan sanayileşme, kentleşme ve tüketimin bir sonucu olarak doğal kaynaklar yok olmaktadır. Artan çevre kirliliği ise insan ve hayvan sağlığını tehdit etmektedir. Bu etmenlere bağlı olarak modifiyeli veya mutasyonlu diyebileceğimiz kirlilik ve hastalık unsurları artık hayatımızda önemli yer tutmaktadır. Bu yüzyılı unutulmaz kılacak olan küresel ısınma unsurlarının yanında Covid-19'da [*koronavirüs 2 (SARS-CoV-2)*] kendine yer bulmuştur. Pandemi dönemi ile sağlık, hijyen, sağlık kurumları ve sağlık çalışanları kavramlarının daha da bir anlam kazandığı yadsınamaz bir gerçektir. Bu gelişmeler de bizlere sağlığı tehdit edebilecek çevre kirliliklerinin, hijyen atıklarının, biyomedikal atıkların ve Tıbbi Atıkların çevre, insan ve hayvan sağlığını koruma açısından da ne kadar önemli olduğunu bir kez daha hatırlatmaktadır.

2019 yılının son aylarında ilk defa Çin'in Wuhan şehrinde akciğer dokusunu zedeleyen etken olarak tespit edilmiştir. Şubat 2020'de WHO (Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)) tarafından Covid-19 olarak tanımlanmıştır. Bu hastalık tüm Dünya'da hızla yayılmaya başladıktan sonra 11 Mart 2020'de pandemi olarak ilan edilmiştir (Kubat, 2020). SARS CoV-2 ile birlikte meydana gelen salgının hızla tüm dünyaya yayılması sonucunda çok sayıda vaka oluşmasına ve ölümlerin artmasına neden olmuştur. Salgın hastalıklar, halk sağlığı açısından çok korkutucu olmakta ve “küreselleşen sağlığı tehdit eden tehlikeler çağı” olarak adlandırılan karakterize bir çağ yaşatmaktadır (Yavuz, 2020). Atıklar; üretim, tüketim, kimyasal, fiziksel özellikler gibi bazı faktörlere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Bu bağlamda atıklar genel olarak; ambalaj atıkları, katı, sıvı ve gaz atıklar, şeklinde sınıflandırılabilir (Gündüzalp ve Güven, 2016). Katı atıklar tarif edilirlen, onu oluşturan yani sahibi tarafından istenmeyen ve toplumun sıhhat ve huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli ve kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma tesisi çamurları olarak tarif bulmaktadır (ÇSB, 2021).

Katı atıklar, teknik ve sağlık yönüyle uygun bir şekilde bertaraf edilmedikleri durumda hava, su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı katı atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde bertarafını sağlayacak yöntemlerin kullanılması en önemli kısımdır (Karagözoğlu ve ark., 2009). Katı atıkları, oluştukları yere göre kendi aralarında kabaca ayırmak gerekirse yedi alt bölümde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; endüstriyel atıklar, evsel katı atıklar, tehlikeli atıklar, tıbbi atıklar, özel atıklar, inşaat artığı ve moloz atıkları, tarımsal ve bahçe atıkları, olarak belirtilmektedir (Sayar, 2012). Tıbbi atık kavramının altını doldurmak ve onu tanımlamak ile işe koyulmak daha doğru olacaktır. İlk defa tıbbi atık düzenlemelerinin yapıldığı ve başlangıcı olarak kabul edilen Medical Waste Tracking Act of 1988'e dönmemiz gerekmektedir. Sağlık atıkları düzenlemelerinin atası olarak kabul ettiğimiz bu dönemlerin “İnsan ve hayvan organizmalarının hastalıklarının tespiti, teşhisi ve tedavisi sırasında ortaya çıkan atıklarla, araştırma ve analiz laboratuvarlarında meydana

gelen tüm katı atıklar” tıbbi atık ya da sağlık atığı olarak tanımlanmıştır. USA (Amerika Birleşik Devletleri) Çevre Koruma Kurumu (Environmental Protection Agency) tüm sağlık üzerine çalışma yapan kuruluşlarında oluşturulan atıkları tıbbi atık olarak kabul etmektedir (Aktaş, 2014). Ülkemizde ise Tıbbi Atıkların tanımını, 25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde, “*Tıbbi atık: Enfeksiyon yapıcı atıkları, patolojik atıkları ve kesici-delici atıkları*” olarak belirtilmektedir (TAKY, 2017).

Tıbbi atıkların oluştuğu yerler farklı olsa da, bu atıkların oluşturulmasında sağlık kuruluşları (hastane gibi) çok önemli bir kaynaktır. Gerek hastanelerde çalışanların bu konulardaki yetersiz eğitimi, oluşan bu tıbbi atık konusundaki boş veriş veyahut duyarsızlıkları bu atıkların daha az olmasını olumsuz etkilemekte ve kaynağında beklenenden daha fazla çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca oluşan bu sağlık atıklarının ön işlemlere tabi olmadan geçici/nihai depolanması, tıbbi atık yönetimine ilişkin mevzuata uyulmaması, insan ve diğer canlı sağlığı açısından tehlikeler barındırmaktadır (Ertaş ve Güden, 2019). Tıbbi atıklar ile karşılaşan herkes risk altındadır. Çoğu sağlık kurumunda tıbbi atık yönetim aşamasında; atıkların birimlerden ayrı şekilde toplanması, geçici atık deposuna taşınması ve orada depolanması işlemlerini sağlık eğitimi bulunmayan veyahut tam anlamıyla eğitilmiş olmayan temizlik çalışanları tarafından yapılmaktadır. (Durduran ve ark., 2020). Bu çalışmalarda yer alan atık yönetim personelinin sağlık açısından maruz kaldığı risklere ilişkin yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, asepsi ve sterilizasyon kuralları ile kişisel koruyucu donanımlar (KKD) hakkında yetersiz eğitim ve neden/sonuç bilgisizliği yüzünden büyük risk altında olduklarını göstermektedir (Çamözü ve Kitiş, 2011).

Tıbbi atık yönetim çalışmalarında sistemin devamlılığının sağlanmasının finansal kaynağı atık üreticisi yerlerdir. Çevre hukukunun ilkeleri arasında en önemlisi olan “Kirlenen Öder’e” göre, tüm sağlık kuruluşları ve kurumlar ürettiği her atığın düzenli ve güvenli olarak yönetiminden maliyet olarak sorumludur. Yurdumuzda oluşturulan tüm tıbbi atıkların hem çevre hem de organizma üzerinde oluşturduğu risklerin ortadan kaldırılması için kurulan bertaraf tesislerinin maliyet bakımından büyüklüğü doğrudan sağlık tesislerinin bu atıklara harcadığı finansal bütçenin de büyümesine neden olmuştur. Bu durum sürdürülebilirlik bakımından da tesisleri ve kurumları etkileyen en önemli parametreler arasında sayılmasına neden olmuştur. Sonuç olarak kaynaktan bertarafa giden bu yolda entegre bir atık yönetim (mevzuat, yönetim, çevre, mühendislik ve mali boyutlarıyla) planı hazırlanması zaruret haline gelmiştir. (Küçük, 2013).

Sağlık hizmeti sağlayıcıları tarafından üretilen atığın yüzde % 75 ila 90’ı, evsel atıklarla karşılaştırılabilir nitelikteki risksiz veya genel sağlık bakımı atığı olduğu bilinmektedir. Çalışmalar ışığında sağlık tesislerindeki atıkların % 75-90’ı enfeksiyöz olmayan ve evsel atığa kısmen benzeyen grupta atık olduğunu bildirmektedir. Farklı açıdan yorumlayacak olursak sağlık kurum ve kuruluşlarından çıkan tüm atıkların yalnızca % 10-25’i enfeksiyöz atık veyahut tehlikeli atık

kategorisinde yer almaktadır. (Giacchetta ve Marchetti, 2013). Salgın döneminde her alanda atıkların miktarı ve çeşitliliği bakımından çevre üzerine stres oluşturacak etkilere neden olmuştur. Bu dönemde en fazla artış ambalaj atıkları ve tıbbi atıkların miktarında yaşanmıştır. Dünya'da bu alanda çok fazla çalışma yapılmış olup İspanya'da ki örnek bunu çok dramatik olarak ortaya koymaktadır. Çünkü tıbbi atık miktarında İspanya'da %350'lik bir artış görülmüştür. Fransa'da seçici toplama tahsilatlarında kesinti oranlarının azaldığı rapor edilmiştir. Örneğin; Cam için toplama bankı tahsilatı % 8, paketlenme veya çok malzemeli toplama için % 10, kâğıt-grafik-elyaf toplama için % 7, gıda atıkları için % 10, yeşil atık için % 4 ve hacimli atık için % 41 olarak hesaplanmıştır. İngiltere'de yapılan bir araştırmada virüsün en hızlı yayıldığı dönemlerden biri olan Mayıs ayında katılanların %94'ü kendi atıklarının artış gösterdiğini ve %93'ünün de geri dönüştürülen atıkların eskiye göre daha fazla olduğunu bildirmiştir. (ACR, 2020). Türkiye'de üretilen toplam tıbbi atık miktarındaki artış hızı bölgeden bölgeye göre farklılık göstermektedir. İstanbul'da 1996–2008 yılları arasında hesaplamalara göre %18,44 artarken; Bursa'da 2000-2004 yılları arasındaki elde edilen veriler %20,75; Sakarya'da 2000–2008 yılları arasındaki veriler ışığında %56,42 arttığını göstermektedir. Avrupa Birliği (AB) uyum süreci ile yenilenen çevre yaklaşımı politikaları ve çevre konularında gerçekleştirilen yeni AB proje ve direktifleri ile birlikte tıbbi atıklar ayrı bir yönetim sistemi altında entegre olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Verilere göre Türkiye'de ortalama tıbbi atık miktarı 1,53 kg-gün/yatak hesaplanmıştır (Eryılmaz ve Demiraslan, 2020). Tıbbi atık üretilen yerler dikkate alındığında, çeşitli giderim metodlarının sınıflandırmalarında, bu bertaraf proseslerin avantaj ve dezavantajlarının seçilen tıbbi atık giderim proses teknolojisine ve gelen atık muhtevasına göre değişiklik gösterdiği çalışmalardan anlaşılmaktadır (Küçük, 2013).

Biyomedikal atık, sağlık koruma atığı, tıbbi atık hastane atıkları olarak da farklı telaffuzları olan bu atıkların bazı bertaraf yöntemleri bilinmektedir. Birçok sağlık hizmeti atık arıtma sistemi termal, kimyasal, ışınlayıcı, biyolojik ve mekanik süreçler kullanır. Yaygın arıtma teknolojileri türleri arasında ise otoklavlar, entegre veya hibrit buhar esaslı arıtma sistemleri, mikrodalga arıtma teknolojileri, kuru ısı işlem teknolojileri, kimyasal arıtma teknolojileri, yakıcılar yer almaktadır (Chartier, 2014).

## **2. Araştırma Ve Bilgiler**

### **2.1. Sağlık Kurumları ve Atık Oluşturan Kaynaklar**

Tıbbi atık oluşturan kaynakların miktarlarına veyahut kapasitelerine göre sınıflandırılabilir. Tıbbi Atıkların Kontrolü (TAKY) Yönetmeliği'nde ise bu ayırım

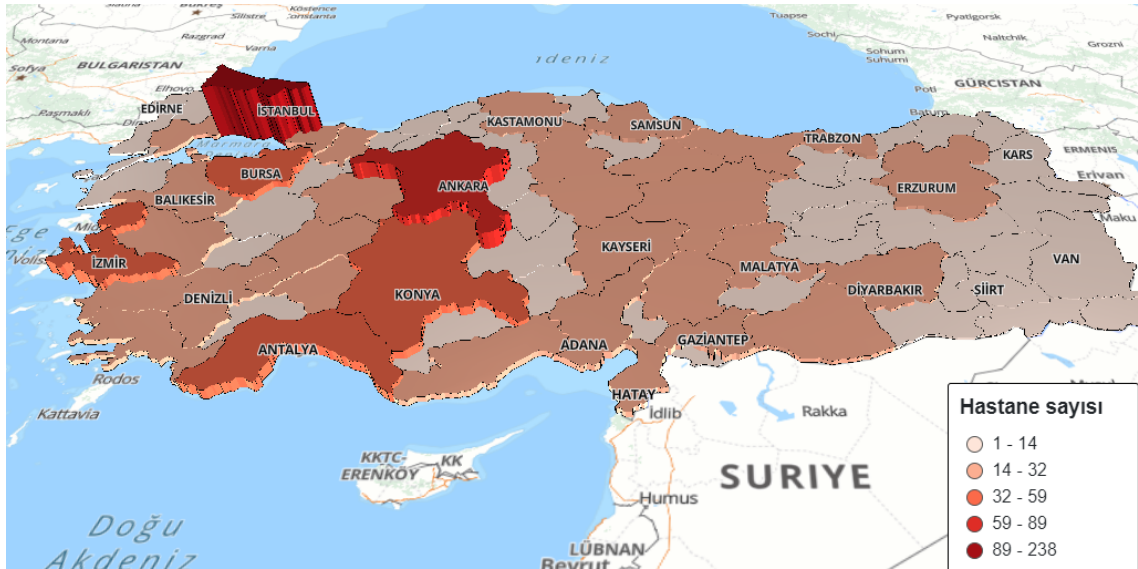
yapılmamış fakat üreticiler 30 başlık olarak yönetmeliğin ekinde aşağıdaki Tablo 1.'de yer alan bilgiler verilmiştir.

**Tablo 1.** Tıbbi Atık Yönetmeliğine Göre Üreticilerin Sınıflandırılmış Listesi (TAKY, 2017)

| <b>Yönetmeliğe Göre Üretici Başlıkları</b>      |  |   |
|---|--|---|
| Üniversite hastaneleri ve klinikleri            | Biyoteknoloji laboratuvarları ve enstitüleri   | Hayvan hastaneleri  |
| Genel maksatlı hastaneler ve klinikleri         | Mikrobiyoloji laboratuvarları  | Hayvanlar üzerinde araştırma ve yapan kurum/ kuruluşlar (deneysel)  |
| Doğum hastaneleri ve klinikleri                 | Tıbbi araştırma merkezleri   | Veteriner kontrol ve araştırma enstitüleri  |
| Askeri statüye sahip hastaneler ve klinikleri   | Kan bankaları ve ayrıca transfüzyon merkezleri   | Veteriner poliklinikleri ve muayenehaneleri   |
| Eczaneler                                       | Acil yardım merkezleri ve ilk yardım yapılan merkezleri  | Hayvanat bahçeleri  |
| Diğer sağlık merkezleri, tıp merkezleri         | Ambulans hizmetleri  | Akupunktur merkezleri   |
| Ayakta teşhis ve tedavi hizmeti veren merkezler | Rehabilitasyon merkezleri  | Evde yapılan tedavi ve hemşire hizmetleri   |
| Diyaliz merkezleri                              | Fizik tedavi merkezleri  | Güzellik merkezleri, kulak delme merkezleri ve dövme merkezleri   |
| Morglar ve otopsi merkezleri                    | Sağlık hizmeti verilen diğer sağlık kuruluşları (örneğin doktor muayenehaneleri, diş ve ağız sağlığı merkezi muayenehaneleri ve benzerleri gibi) | Aile sağlığı merkezleri (ASM), Toplum sağlığı merkezleri (TSM), dispanserler ve bu gibi benzeri olan birinci basamak sağlık kuruluşları |
| Tıbbi ve biyomedikal laboratuvarlar             | Bakımevleri ve huzurevleri   | Bu listede yer almamış olan ancak faaliyetleri sonucu tıbbi atık oluşumuna neden olan veya olacak olan kişi, kurum ve kuruluşlar        |

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) verilerine göre yapılan çalışmanın 2018 yılında elde edilen verilere göre Türkiye'nin hastane yatağı kapasitesi 231 bin 193 olarak hesaplanmıştır. Bu yatak kapasitesinin 139 bin 651'i Sağlık Bakanlığı'na bağlı hastanelerde bulunmakta, 42 bin 66'si üniversite hastanelerinde bulunmakta ve 50 bin 196'sı ise özel hastanelerde bulunmaktadır (Euronews, 2020). TÜİK'den elde edilen veriler ışığında Şekil 1.'de görüleceği üzere ülkemizde hastane yoğunlukları harita üzerinde görselleştirilmiştir.





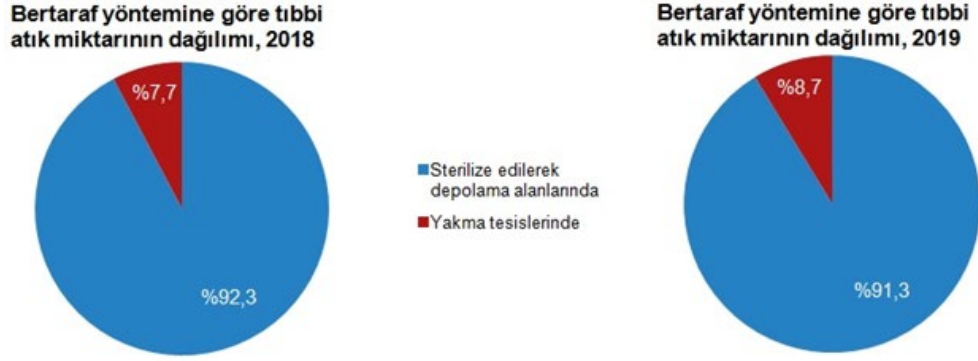
Şekil 1. Türkiye’de 2018 Yılına ait hastane sayıları (Tük, 2018)

## 2.2. Biyomedikal ve Tıbbi Atık Miktarları

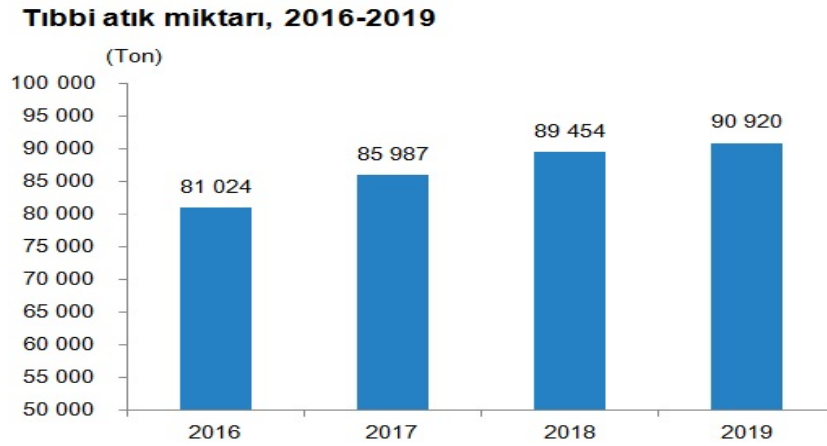
Adında anlaşılacağı üzere tıbbi müdahale öncesinde, sırasında veyahut sonrasında ortaya çıkan atıklara tıbbi atıklar denilmektedir. Bu sürecin olmazsa olmazları arasında bulunan biyomedikal cihaz ve teknolojilerinde çıkan atıkları aynı anılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Atık Yönetimi Komitesi tarafından tıbbi atıkları içerisinde sekiz grupta değerlendirmektedir. Bunlar ise; a) Genel atıklar, b) Patolojik atıklar c) Radyoaktif atıklar d) Kesici ve delici aletler e) Kimyasal atıklar f) Enfeksiyöz veya potansiyel olarak enfeksiyöz atıklar g) Farmasötik atıklar h) Basınçlı kaplar’dır (Candar, 2003). Tıbbi atık oluşan yerlerde bu yönetim sisteminin en önemli basamaklarından biri, enfekte olmuş atıkların oluştukları kaynaklarda evsel ve geri dönüşümü sağlanabilen atıklardan ayrı bir şekilde biriktirilmesidir. Kaynağında karıştırılmadan ayrılabilen bu atıkların bertaraf edilmesinde ise önemli olan, bu kategori atıkların evsel atıklarla karışmadan ve kendi içindeki türlerine göre ayrı torbalar halinde yönetmeliğe uygun toplanmasıdır (Güvez ve ark., 2012).

Tıbbi atık dataları sonucunda elde edilen istatistikler kapsamında, 2019 yıl sonu itibarıyla faaliyette olan yaklaşık bin 524 sağlık kuruluşunda oluşan 90 bin 920 ton tıbbi atığın kaynağında ayrı şekilde toplandığı rapor edilmiştir. Şekil 2’den görüleceği üzere sağlık kuruluşlarında geçtiğimiz 2019 yılında toplanan tıbbi atığın yaklaşık %91,3’ü sterilize edilerek bertaraf edilip depolama alanlarına, %8,7’si ise nihai bertaraf metodu olan yakma prosesine gönderilerek etkisiz hale getirilmiş olup; 2018 yılında elde edilen verilere göre de toplanan bu tıbbi atığın, yaklaşık %92,3’ü sterilize edilerek zararsız hale getirilip depolama alanlarına, yaklaşık %7,7’si ise yakma prosesi vasıtasıyla bertaraf edilmiştir. Bu veriler ışığında sağlık kuruluşlarından toplanan yaklaşık 90 bin 920 ton tıbbi atığın yaklaşık %82,8’i otuz büyükşehirimizde ayrı şekilde toplanmıştır. Toplam tıbbi atığın yaklaşık

%24,6'sı İstanbul ilimizde, %7'si Ankara ilimizde ve yaklaşık %6,7'si İzmir ilimizde olmak üzere, %38,4'ü bu üç büyükşehirde bulunan sağlık kurum ve kuruluşlarından ayrı şekilde toplandığı kayıt edilmiştir. 2019 yılında rapor edilen toplanan tıbbi atık miktarı ise bir önceki yıla göre yaklaşık %1,6 artış gösterdiği Şekil 3'de görülmektedir (Tük, 2020).



Şekil 2. 2018 ve 2019 Yıllarına ait Tıbbi Atık Bertaraf Diyagramları



Şekil 3. 2016-2019 Yılları arasında ait Tıbbi atık istatistikleri

Atıklar tıbbi faaliyetlerin yapıldığı yerlere, hastane türüne, servis çeşidine göre bağlı olarak değişebilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Hastanenin yönetim şekline göre Devlet, askeri, özel vb. gibi, büyüklük ve kullanım gayelerine göre ise hastane, sağlık ocağı, dispanser, laboratuvar, klinik, kan bankaları vb. gibi ayrılmaktadır. Biyomedikal ve tıbbi atık oluşturan servisler olarak genel cerrahi, psikiyatri, ortopedi, kulak-burun boğaz, nöroloji, kalp-damar, üroloji, cildiye, kadın hastalıkları ve çocuk polikliniği sayılabilir. Bu gibi birimlerde içerdikleri katı atıkların özellikleri itibarı ile yerinde birbirlerinden ayrılması mümkündür (Gönüllü ve ark., 2011).

Hastanelerde Aile Hekimliği Polikliniği, Beyin Cerrahi, Çocuk Sağlığı ve Hastalığı, Dâhiliye, Genetik, Dermatoloji, Enfeksiyon Hastalıkları, Fizik Tedavi Polikliniği, Genel Cerrahi, Göğüs

Cerrahisi, Göz Hastalıkları, Kadın Hastalıkları ve Doğum, Göğüs Hastalıkları, Kalp Damar Cerrahi, Kardiyoloji, KBB, Nöroloji, Plastik ve Estetik Cerrahisi, Ortopedi, Psikiyatri, Tıbbi Onkoloji, Üroloji vb. gibi birçok poliklinik bulunmaktadır (İleri ve Çelik, 2018). Tablo 2’de bazı poliklinik ve birimlere ait atıkların dağılımı yer almaktadır.

**Tablo 2.** Hastaneden çıkan atıkların bölümlere göre dağılım yüzdeleri (EPA, 1986)

|               | % Kâğıt | %Plastik | %Patalojik | %Cam | %Metal |
|---------------|---------|----------|------------|------|--------|
| Ameliyathane  | 60      | 30       | 10         | -    | -      |
| Acil          | 60      | 35       | 5          | -    | -      |
| Yoğun Bakım   | 60      | 35       | 5          | -    | -      |
| Diyaliz       | 10      | 85       | 5          | -    | -      |
| Laboratuvar   | 35      | 30       | 25         | 10   | -      |
| Hasta Servisi | 60      | 35       | -          | -    | -      |
| Hemşire Odası | 45      | 35       | -          | 15   | -      |
| Araştırma     | 40      | -        | 30         | -    | 10     |
| Eczane        | 50      | 30       | -          | 20   | -      |

### 3. Biyomedikal Ve Tıbbi Atık Mevzuatı

Ülkemizde çevre ile ilgili mevzuat çevrenin dinamiklik özelliğinden dolayı sürekli güncellenmektedir. Bu çağın gereklerine mevzuat hükümlerinin sekronizasyonu anlamına da gelmektedir. Bu bakımdan tıbbi ve biyomedikal atıkların yönetimi 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 5 farklı (3., 8., 11., 12. ve 13.) maddeleri dayanağı ile mevzuat hükümlerine bağlanmıştır. Çevre Kanununun 8. maddesinde, “Çevreye zarar verecek şekilde her türlü atık ve artığı, ilgili yönetmeliklerde olan hükümler ve belirlenen standartlara ayrıca da yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı bir biçimde alıcı ortama deşarj etmek, biriktirmek, bir yere taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak” yasaklanmıştır. Bu hüküm çevre kirliliğine neden olan durumlar ile mücadelenin temelini oluşturmaktadır (Çevre Kanunu, 1983).

Ayrıca ülkemizde başlatılan çevre koruma ve atık geri kazanım seferberliğinin diğer bir adı olan sıfır atık çalışmasının temel dayanağının bahsedildiği yer Sıfır Atık Yönetmeliği’dir. 12.07.2019 tarihli ve 30829 sayılı Resmî Gazete ’de yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliği’nde Sıfır atık yönetim sistemi anlatılırken; Oluşan atığın önlenmesinden başlayarak, atıkların kaynağında azaltılması, kaynağında ayrı ayrı biriktirilmesi, bu atıkların geçici depolanması, ayrı bir şekilde toplanması, taşınması ve işlenmesi basamaklarının hepsini içine alan, fizibilite unsurları göz önünde bulundurularak oluşturulan sisteme verilen ad olarak tanımlanmaktadır. Sıfır Atık Yönetmeliği’nin 14. Maddesinde geçen hükümlere göre, bahsi geçmeyen tehlikeli ve/veya tehlikesiz vasıftaki diğer

atıklar ile Tıbbi Atık kategorisinde olan atıkların yönetimi ilgili mevzuatı kapsamında sağlanarak sıfır atık yönetim sistemine dahil edilebileceği bahsedilmektedir (Sıfır Atık, 2019). Ülkemizde yapılmış olan tıbbi atıklar konusunda ilk mevzuat 09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ve bu kanunun dayanak olarak çıkan 20.05.1993 tarih ve 21586 sayılı Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile başladığı bilinmektedir. 22.07.2005 tarih ve 25883 sayı ile Resmi Gazete’de yayınlanan “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” (TAKY) ile bu atıkların yönetimi işinde yapılması gereken uygulamaları anlatan mevzuat yeniden düzenlenmiştir (Akbolat ve ark., 2011). 22/7/2005 tarihli ve 25883 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği daha sonra 25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan yeniden maddeleri düzenlenen Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY) ile yürürlükten kaldırılmıştır.

Resmî Gazetenin 26.03.2010 tarih ve 27533 sayılı nüshasında yayınlanan yürürlüğe girmiş olan “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” hükümleri uyarınca özellikle tıbbi atıklarla ilgili önemli bazı hükümler yer almaktadır. Bunlar ilgili yönetmeliğin madde 9’da “Düzenli depolama tesislerine kabul edilmeyecek atıklar ve atık işleme” başlığı altındaki c bendinde tıbbi atıklara atıf yapılmaktadır (ADPDY, 2010). Burada hariç bırakılan atıklar 02.04.2015 tarih ve 29314 sayı ile Resmî Gazete ‘de yayımlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği’nin EK-III A’ında H9 kısmında enfeksiyon yapıcı maddeler olarak tanımlanan, herhangi bir ön işleme tabi tutulmamış tıp ve veterinerlik kuruluşları kaynaklı atıklar olarak, tıbbi atık olarak belirtilmiştir (AYY, 2015). 22.05.2012 tarih ve 28300 sayı ile Resmî Gazete ’de yayımlanan Atık Elektrikli Ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği biyomedikal tıbbi cihazlar hakkında hükümler içermektedir. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği Ek-1/B kısmında “Elektrikli ve Elektronik Eşya Kategorileri Ayrıntılı Listesi” bulunmaktadır. Bu kısımda ise biyomedikal cihazlar emplantasyon ürünleri ve hastalık bulaşıcı temaslarda bulunan ürünler hariç olarak 11 kategoride belirtilmiştir (AEEKY, 2012). Tıbbi Cihaz, yönetmeliğin Ek-1/A kısmında 9. kategoride yer almaktadır. Yönetmeliğin içerisinde yer alan “Geri dönüşüm ve geri kazanım hedefleri” başlığı altındaki 16. Madde de bulunan Tablo 1 ve Tablo 2’de tıbbi cihazlar (medical devices) için geri dönüşüm ve geri kazanım kapsamındaki hedeflerini belirtmektedir (TCY, 2011).

### 3.1. Tıbbi Atıkların Ayrılması ve Toplanması

25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete ‘de yayımlanan yeni Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nin 10. Maddesinde; Tıbbi atıklar, sağlık çalışanları (doktor, hemşire, ebe, veteriner, diş hekimi, laboratuvar teknik elemanı başta olmakla birlikte ilgili tüm sağlık personeli) tarafından oluşturulan yerlerde kaynağında diğer oluşturulan atıklar ile karıştırılmadan farklı bir şekilde biriktirilir denilmektedir. Oluşan atıkların niteliğine uygun olmak kaydıyla atığın kaynağına yakın bir

yerde toplama ekipmanları bulundurulması gerekmekte olduğu da belirtilmektedir. Oluşan bu tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar ve benzeri diğer atıklar, ambalaj atıkları ve belediye atıkları ile kesinlikle karıştırılmazlar kısmında burada belirtilmektedir. Bu bakımdan atıklar ayrı toplanmakta ve belirtilen renkteki torbalar ile biriktirilmektedir. Tıbbi Atıkların toplanmasında; her türlü duruma karşı (yırtılmaya, delinmeye, patlamaya karşı) dayanıklı material kullanılır. Ayrıca bu atıkların taşınması sırasında taşımaya dayanıklı, orta yoğunluklu polietilen maddeden yapılmış olan sızdırmaz, çift taban dikişli ve körüksüz olarak üretilen, çift kat kalınlığı ise 100 mikron olan torbalar kullanılmalıdır. Kapasiteleri ise en az 10 kg kaldırma kapasiteli olması gerekmektedir. Bu atık torbalarının üzerinde herkes tarafından görülebilecek büyüklükte ve her iki yüzünde siyah renk ile yazılmış “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile “DİKKAT! TIBBİ ATIK” ibaresi taşınmalıdır. Tıbbi atık torbalarının rengi ise kırmızı renkli olması gerekmektedir. Torbalar doldururken dikkat edilmesi gereken diğer bir kavram en fazla  $\frac{3}{4}$  oranında doldurulabileceğidir. Ayrıca torbaların ağzı sıkıca bağlanmalı ve ihtiyaç halinde ise ağzı kapatılan torba aynı özellikte diğer bir torbanın içerisine konup sızdırmazlık konusunda tedbir sağlanmalıdır. Bu atık torbaları hiçbir surette geri kazanılamaz ve tekrar kullanılması mümkün değildir. Bu atık torbaları içeriği de kesinlikle sıkıştırma işlemine tabi tutulamaz, atıklar çıkarılamaz, başka bir kaba aktarılamazlar.

Tıbbi atık kategorisinde olan patolojik atıklar diğer tıbbi atıklar içerisinden ayrı olarak delinmeye, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı olan, su geçirmez ve sızdırmaz nitelikteki, üzerinde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi bulunduran siyah renkli “DİKKAT! PATOLOJİK TIBBİ ATIK” ibaresi bulunan kırmızı renkli plastik toplama kapları içinde biriktirilir. Bu atıklar için kullanılan biriktirme kapları, kapasitesi miktarında dolduktan sonra kesinlikle açılmaz, başka bir yere boşaltılamaz ve geri kazanılamazlardır. Bu atıklar kategorisinde yer alan ve herhangi bir kimyasalla işlem görmemiş kan torbaları ve kan yedekleri de dâhil bazı vücut parçaları ve bazı organları yukardaki paragrafta anlatılan özellikteki belirtilen tıbbi atık torbalarında toplanması gerekmektedir. Şekil 4’de “Uluslararası Biyotehlike” amblemi gösterilmiştir.



Şekil 4. Uluslararası Biyotehlike Amblemi

Tıbbi atıklar içerisinde bazı grup atıklar kesici ve delici özelliği olan atıklar kategorisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu atıklar diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak toplanması gerekmektedir. Bu atıkları topladığımız ekipman delinmeye, yırtılmaya, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı olması gerekmektedir. Ayrıca bu atıkları su geçirmez ve sızdırmaz olan ve açılması veyahut başka atıklarla karıştırılması mümkün olmayan kaplarda biriktirmek şarttır.

Bu atıkları biriktirilecek ekipmanın da üzerinde siyah renkli “*Uluslararası Biyotehlike*” amblemi ile siyah harflerle yazılmış “*DİKKAT! KESİCİ ve DELİCİ TIBBİ ATIK*” ibaresi taşıması şarttır. Sayılan bu özelliklere haiz olan plastik veya aynı özelliklere sahip olan lamine kartondan yapılmış kutular veya çeşitli konteynerler içinde bu atıkların toplanması gerekmektedir. Çeşitli özelliklerini saydığımız bu biriktirme kapları, kapasitelerinin en fazla  $\frac{3}{4}$  oranında doldurulup ağızları tamamen kapatılarak ilgili tıbbi atık torbalarına konur. Uçları sivri veyahut kesici atıkların atıldığı bu atık kapları dolduktan sonra hiçbir surette sıkıştırılmaz, açılmaz, boşaltılamaz ve geri kazanılması için iş/işlemlere tabi tutulamaz. Tıbbi ve biyomedikal iş ve işlemler sırasında sıvı tıbbi atıklar da oluşmaktadır. Bu sıvı atıklar uygun olan emici maddeler ile yoğunlaştırılarak ilgili özelliklere sahip torbalarına konulması gerekmektedir. Tıbbi atık ile dolmuş olan bu atık torbaları biriktirme ve depolama süresince tıbbi atık kabı veya kovası içerisinde muhafaza edilmesi gerekir.

Bu kullanılacak olan tıbbi atık kabı ya da kovasının özellikleri de aynı tıbbi atık torbası gibi delinmeye, yırtılmaya, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı olması ve su geçirmez ve sızdırmaz nitelikte olması gerekmektedir. Bu atık kapları veya kovalarının üzerinde de siyah renkli “*Uluslararası Biyotehlike*” amblemi bulunmalı ve siyah renkli “*DİKKAT! TIBBİ ATIK*” ibaresi taşıyan turuncu renkli plastik malzemedan yapılmış olması gerekmektedir. Atık kapları dolduktan sonra yerine konacak olan yeni torba ve kapların kullanım şartlarına hazır ve atığın olduğu kaynaktan veyahut en yakın alanda bulundurulması zorunludur (TAKY, 2017). Şekil 5.’de Tıbbi atık yönetiminde kullanılan atık torbası, atık kova ve kutusu ekipmanına ait görüntüler yer almaktadır.



Şekil 5. Atık Yönetimine İlişkin Resimler a)Atık Torba Türleri (Web-1), b)Kesici Delici Kap ve Tıbbi Atık Torbası (Web-2), c)Kesici Depolama Alanı (Web-3)

### 3.2. Tıbbi Atıkların Sağlık Kuruluşu İçerisinde Taşınması

25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan yeni Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nin 11. maddesinde Tıbbi Atıkların sağlık kuruluşu içerisinde taşınması konusunda aşağıdaki hükümleri içermektedir. Tıbbi atık torbaları atığın olduğu merkezin içinde tıbbi atık toplama ve taşıma konusunda eğitim almış personel ile paslanmaz metal, plastik veya benzeri bir malzemeden yapılmış kapaklı konteyner/kap/kova ile toplanıp taşınması gerekmektedir. Tıbbi atıkların yükleme-boşaltma esnasında torbaların hasar görmesine veya delinip dökülmesine yol açabilecek keskin kenarları olmayan, yüklenmesi, boşaltılması, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu kolay olan ve sadece tıbbi atıklar için kullanılacak kapaklı konteyner/kap/kova ile toplanması ve taşınması gerekmektedir. Tıbbi atıkların sağlık kuruluşları içinde taşınmasında kullanılan konteyner/kap/kovaların rengi turuncu olması gerekmektedir. Turuncu konteyner/kap/kovaların üzerlerinde siyah renkli “*Uluslararası Biyotehlike*” amblemi ile siyah renkli okunaklı şekilde “DİKKAT! TIBBİ ATIK” ibaresi bulunması gerekir.

Konteyner/kap/kovaların ağzı kapaklı olması gerekmekte olup tıbbi atık torbaları ağızları özenle bağlanarak sıkıştırılmadan kaplara konulmalıdır. Atık torbaları ve patolojik atık biriktirme kapları kesinlikle elde taşınması yapılamaz. Tıbbi atıkların toplama ve taşıma işlemi sırasında taşıyanların ve çevredekilerin vücut ile temastan kaçınılması gerekir. Taşıma işlemi sırasında atık bacaları ve yürüyen şeritler tercih edilmemelidir. Patolojik atık biriktirme kapları tekerlekli olan tıbbi atık taşıma araçları ile taşınmalı ve gereken özen gösterilmelidir. Daha öncede bahsedildiği üzere karıştırma konusunda kesinlikle tıbbi atıklar ile diğer atıklar aynı araca yüklenemez ve taşınmaz. Tıbbi atık konteyner/kap/kovaları her gün düzenli olarak temizlenmeli olup uygun materyal ile dezenfekte edilmesi gerekir. Atıklar taşınırken herhangi bir torbanın yırtılması, patlaması veya dökülme durumunda atıklar güvenli olarak yeni bir torbaya aktarılır ve konteyner/kap/kova ivedilikle dezenfekte edilmesi için gerekli işlemlere başlanılır.

Tıbbi atıkları sağlık kuruluşu içinde toplayarak tıbbi atık geçici deposuna taşımakla görevlendirilen personelin, taşıma sırasında “*Personelin koruyucu ekipmanları*” kısmında yer alan hükümlerde belirtilen kişisel koruyucu donanımlar ile çalışmalarını yürütmelidirler. Bu işlemleri yapacak personellerin turuncu renkli özel kıyafeti giymesi gerekmekte olup koruyucu ekipmanları kullanması zorunludur. Sağlık kuruluşu içinde uygulanacak tıbbi atık yönetim planında, atık taşıma araçlarının/atık taşıyan personelin izleyeceği güzergâha dikkat edilmesi gerekmektedir. Hastaların tedavi olduğu yerler ile diğer temiz alanlardan, insan ve hasta trafiğinin yoğun olduğu bölgelerden mümkünse daha uzak olacak şekilde belirlenmesi ve bu konuda hassasiyet gösterilmesi gerekmektedir.

### 3.3. Sağlık Kuruluşunda Oluşan Tıbbi Atıkların Geçici Depolanması

25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan yeni Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğın 12. maddesinde tıbbi/sağlık/biyomedikal atıkların geçici depolamalar hakkında aşağıdaki hükümleri içermektedir. Sağlık kuruluşunda oluşan medikal atıklar, tıbbi atık işleme tesisine taşınmadan önce maksimum 48 saat tıbbi atık geçici deposu veya konteynerinde bekletilebilir.

Tıbbi atık geçici depo alanı içerisinde sıcaklığın +4 °C olması ve yerin kapasitenin atık kapasitesi oranına uygun olması koşuluyla bekleme süresi ihtiyaç halinde bir haftaya kadar uzatılabilmesi mümkündür. Günlük bir kilograma kadar tıbbi atık üreten sağlık kurum/kuruluşlarında oluşan tıbbi atıklar, biriktirildiği yerde yukarıda belirtilen özelliklere sahip kapaklı konteyner/kap/kovanın içerisinde maksimum 48 saate kadar bekletilebilir. Bu atıkların ilgili yerel yönetimin tıbbi atık toplama ve taşıma aracı tarafından alınması sağlanmalıdır. Mümkün değilse en yakında ya da en uygun bulunan bir noktada tıbbi atık geçici deposu veya konteynerine atık üreticisi tarafından kapaklı konteyner/kap/kova ile götürülmesi gerekmektedir. Tıbbi atıklar, biriktirildiği yerden tıbbi atık toplama aracı gelmeden önce kesinlikle dışarıya bırakılmasına müsaade edilmez. Bu atıklar diğer atıklar ile karıştırılmaz ve belediye atıklarının toplandığı konteynerlere konulmasına müsaade edilmez. Bu sağlık kuruluşları, tıbbi atıklarının taşıma aracına teslim etmemeleri durumunda, atıklarının geçici depolanması çalışmalarına başlamalıdır. Bu konuda en yakında veya en uygun yerde bulunan tıbbi atık geçici deposu veya konteynerin ait olduğu sağlık kuruluşu ile ikili anlaşma yapmak ve bu anlaşmayı ibraz ederek belediye ile ikili protokol yapmakla yükümlüdürler. Günlük 50 kilogramdan az tıbbi atık üreten sağlık kurum ve kuruluşları şayet istemeleri durumunda tıbbi atık geçici deposu tesis edebilirler.

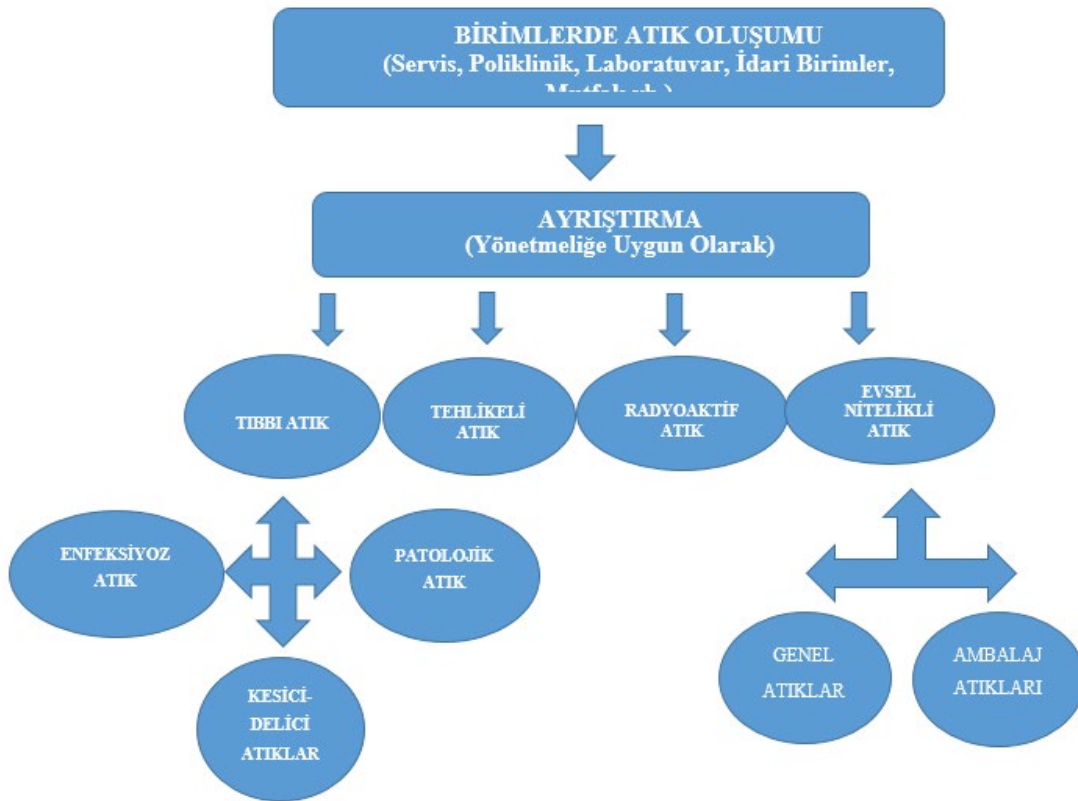
Çevresel riskler nedeniyle il müdürlüğünün gerekli görmesi durumunda ise günlük 50 kilogramdan az tıbbi atık üreten sağlık kuruluşları tıbbi atık geçici deposu tesis etmek zorunda bırakılabilirler. Yapılacak olan bu atıkların geçici depolanacağı alanların özelliklerine ait detaylar yönetmeliğın 13. maddesinde detaylıca anlatılmıştır.

### 3.4. Tıbbi Atıkların İşleme Tesislerine Taşınması

Tıbbi Atıkların insan ve çevre sağlığı açısından riskler barındırdığı için güvenli bir şekilde, etrafa yayılmadan ve sızıntı suları akıtılmadan en yakın tıbbi atık işleme tesisine ulaştırılması zorunludur. Tıbbi Atıkların taşınmasında herhangi bir aktarma istasyonları kullanılması yasaktır. Taşıma araçları Tıbbi Atıkların boşaltılmasını müteakip her seferde temizlenir ve dezenfekte edilir. Tıbbi Atıkların toplanması ve taşınması için kullanılan araçlar başka herhangi işlerde kullanılmaz



ve diğer atıkların taşınmasında kullanılması yasaktır. Bu tıbbi atıklar, Ulusal atık taşıma formu (UATF) doldurularak bakanlıkça lisanslı taşıma aracına teslim edilir. Tıbbi atık taşıma araçlarının dış yüzeylerinin turuncu renkli olması gerekir. Bu araçların sağ, sol ve arka yüzeylerinde görülebilecek şekilde uygun büyüklükte ve siyah renkli olarak “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah renkli “DİKKAT! TIBBİ ATIK” ibaresinin bulunması zorunludur. 25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan yeni Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğın 15. maddesinde tıbbi/sağlık/biyomedikal atıkların işleme tesislerine taşınması hakkında yukarıda yazan ve ilgili diğer hükümleri anlatılmaktadır.



Şekil 6. Birimlerde oluşan atık diyagramı

### 3.5. Tıbbi Atık Yönetim Planı

25.01.2017 tarihli ve 29959 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan yeni Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğın 22. maddesinde tıbbi/sağlık/biyomedikal atıkların yönetim planlarına katkı sağlayacak hükümler bulundurmaktadır. Bu tıbbi atıkları oluşturan Sağlık kurum/kuruluşları yönetmelik gereği hazırlamaları gereken tıbbi atık yönetim planı bulunmaktadır. İlgili planda; Oluşan bu tıbbi atıkların merkezinde ayrı toplanması ve buralarda biriktirilmesi, ilgili tıbbi atıkların biriktirilen yerlerde toplanması ve taşınmasında tercih edilen ekipman ve araç paketinin atık miktar bilgileri, toplama

sıklığı (tekerrür) ve toplama rotasının (güzergahı) her yıl güncellenmesi gerekmektedir. Ayrıca yine bu planda geçici depolama ile ilgili bilgiler, tıbbi atıkların toplama ekipmanlarının bakım, temizliği ve dezenfeksiyonu, olması durumunda kaza anında alınacak gerekli tedbirler ve yapılacak iş ve işlemlerde belirtilmesi gerekmekte ve güncellenmesi gerekmektedir. İlgili yönetim planında atıkların sevk ve idaresinden sorumlu personel bilgileri ve bu personelin eğitim bilgileri başta olmak üzere detaylı bilgilere yer vermek, tıbbi atık yönetim planını her yıl güncellemek gibi yükümlülükleri bulunmaktadır.

Büyükşehirlerde büyükşehir belediyeleri, büyükşehir belediyesi olmayan yerlerde ise belediyeler, tıbbi atık yönetim planı hazırlamak zorundadırlar. Bu hazırlanan tıbbi atık yönetim planı yetkili il müdürlüğüne sunmaları gerekmektedir. Tıbbi atık yönetim planının süresi maksimum 5 (beş) yıldır. Bu 5 (beş) yıllık süre bitiminden 6 ay önce yenilenen tıbbi atık yönetim planı il müdürlüğüne sunulması gerekir. Onaylanan atık yönetim planı, belediyenin internet sitesinde yayınlanır. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğin 23. maddesinde de eğitim başlığı ve detayları yer almaktadır. Tıbbi atık yönetiminde görevlendirilen/görevlendirilecek tüm personelin gerekli eğitimlere tabi tutulması gerekmekte olup bu eğitimlerden aldığı belge ile yetkilendirilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Eğitim kapsamında atıkların nasıl ne şekilde toplanacağı, taşınacağı, geçici depolamaya ve bertarafına ilişkin uyulması gereken kurallar ve dikkat edilmesi gereken parametreler ile sağlık riskleri ve neden olabileceği hastalıklar içermelidir. İlgili birimlerde oluşan tıbbi atıkların toplanması, taşınması ve ilgili yerlerin sterilizasyonu ile bu atıkların nihai bertaraf işlemleri hizmet alımı şekliyle yapılabilir. Böyle durumlarda çalışan personele ilişkin eğitimi kanıtlayıcı belgeler ihale şartnamelerinde belirtilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Eğitim kısımları ile ilgili tüm detaylar ilgili Bakanlığın yetki ve sorumluluğundadır. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğin 27. maddesinde bu atıklar ile ilgilenecek olan personelin koruyucu ekipmanları hakkında bilgiler yer almaktadır.

Tıbbi atıkların yönetiminde (toplanma, taşınma ve bertaraf) görevlendirilen personel; çalışma esnasında kişisel koruyucu donanıma dikkat etmesi gerekmektedir. Çalışma esnasında eldiven, koruyucu gözlük ve maske ile yüz ve elini korumalı, çizme ve turuncu renkli özel koruyucu kıyafet ile ayak ve vücudunu koruması gerekmektedir. Tıbbi atıkların yönetiminde (toplanma, taşınma ve bertaraf) kullanılan özel giysiler ve ekipmanlar ayrı bir yerde muhafaza edilmesi gerekir. Bunların temini ve temizlenmesi, atık üreticisi, belediye veya yetkilerini devrettiği kişi ve kuruluşlarca sağlanmaktadır.

#### 4. Sonuçlar

Sağlık kurumlarından çıkan atıklar tıbbi atıklar olarak adlandırılır ve önemli ölçüde çevre kirliliğine ve canlıların sağlığının bozulmasına neden olur. Bu atıklar hastane çalışanları, hastalar ve

toplum için önemli sağlık riskleri oluşturmaktadır. Sağlık kurumlarından çıkan bu atıklar, evsel, kimyasal, patolojik, enfeksiyöz, kesici-delici, radyoaktif vb. atıklar olarak kategorize edilmektedir. Sağlık kuruluşlarında tıbbi ve/veya biyomedikal atıklar çoğunlukla bir problem olarak görülmektedir. Mevcut iş ve işlemler sonucunda oluşan bu istenmeyen çıktılar hastane yönetimleri tarafından da ek bir görev olarak nitelendirilmektedir. Çünkü atıkların ayrı toplanması, taşınması, geçici depolanması ve nihai bertarafına kadar giden süreç yönetimi oldukça ehemmiyet ve dikkat gerektiren uzman eğitilmiş kişiler tarafından yapılması gereken bir iştir. Uzmanlık sadece atıklar hakkında bilgi sahibi olmak değil aynı zamanda dinamik olan çevre mevzuatına uyumda gerektirmektedir. Tıbbi veya biyomedikal bu atıkları ilgilendiren oldukça fazla kanun, yönetmelik ve tebliğ bulunmaktadır. Bunlardan bazıları ise; Çevre Kanunu, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Sıfır Atık Yönetmeliği, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Atık Elektrikli Ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği, Tıbbi Cihaz Yönetmeliği, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelik, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği gibi içerisinde tıbbi atıklar ile ilgili esaslar bulunduran halen yürürlükte hukuk dokümanları bulunmaktadır.

Bu çalışma ile sağlık sektöründe oluşan atıklara ilişkin bir klavuz veyahut bazı konulardaki sorulara cevap bulunacak yönetmelik hükümleri özetlenmeye çalışılmıştır. Fakat tüm hastane veyahut tıbbi/biyomedikal atık üreticileri, ürettikleri atıkların tür ve miktarlarını yakından takip edip doğru hesaplamalar yaparak atıkların azaltılması (minimizasyonu), geri dönüşüm için yollar araştırmak ve atık üreticilerini eğitmekle yükümlü olduklarını unutmamalıdır. İşlerin yükünden dolayı bu konularda, atıkların orijininde bulunanların politika ve/veya tavsiye üretmemeleri süreçlerin başarı performanslarının oranını düşürebileceği veyahut daha hızlı yapılacak işlerin daha uzun sürede olmasına neden olacağı unutulmamalıdır. Atıkların oluşumunun önlenmesi ve geri dönüşümü, sadece insan sağlığı ve çevrenin korunmasını sağlaması değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmaya da katkısı olması açısından atıkların minimizasyonu, toplanması, taşınması, geri dönüşümü ve bertaraf edilmesi önemlilik arz etmektedir. Ayrıca son olarak unutulmaması gereken bir diğer önemli hususta atık yönetimi sırasında, İşçi sağlığı ve İş güvenliği çalışmaları ile beraber yürütülmesi zorunluluğudur. Bu zorunluluk hem insani hem de iş hukuku açısından önemlidir.

### **Yazarların Katkısı**

Yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Çalışma tek yazarlı olduğundan herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### Kaynaklar

- ACR,(2020). Municipal waste management and COVID-19, URL: <https://www.acrplus.org/en/municipal-waste-management-covid-19#italy> , Erişim Tarihi:11/12/2020
- ADPDY, (2010). Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi: 26.03.2010 Resmî Gazete Sayısı: 27533, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- AEEKY, (2012). Atık Elektrikli Ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 22.05.2012 Resmî Gazete Sayısı: 28300, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- Akbolat, M., Işık, O., Dede, C., & Çimen, M. (2011). Sağlık çalışanlarının tıbbi atık bilgi düzeylerinin değerlendirilmesi, *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 131-140.
- Aktaş, F. (2014). Tıbbi ve tehlikeli atık yönetimi, *Hastane İnfeksiyonları Dergisi*, 18(1), 99-103.
- AYY, (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 02.04.2015 Resmî Gazete Sayısı: 29314, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- Candar, G. (2003). Atık Yönetimi Uygulamasında Adım Adım. 3. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi 2-4 Ekim 2003, Samsun.
- Çamözü, E., & Kitiş, Y. (2011). Hastane temizlik hizmetleri personelinin Tıbbi Atıkların toplanması, taşınması ve depolanması ile ilgili bilgi ve uygulamalarının belirlenmesi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 10(6), 631-640.
- Çevre Kanunu, (1983). Resmî Gazete Tarihi: 11.08.1983 Resmî Gazete Sayısı: 18132, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- Chartier, Y. (Ed.). (2014). *Safe management of wastes from health-care activities*. World Health Organization, Second Edition, 105-308.
- ÇSB, (2021). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, URL: <https://csb.gov.tr/sss/kati-atik>, Erişim Tarihi: 11/02/2021,
- Durduran, Y., Kandemir, B., Yıldırım, E. N., Pakna, Ö., & Demir, L. S. (2020). Üniversite hastanesinde hasta bakıcı ve temizlik personellerine yönelik hastane enfeksiyonu, el hijyeni ve tıbbi atık eğitimlerinin değerlendirilmesi. *Ortaoğu Tıp Dergisi*, 12(1), 89-95.
- EPA, (1986). Guide for Infection Waste Management, EPA/530-SW-86-014,
- Ertaş, H., & Güden, M. A. (2019). Hastanelerde Tıbbi Atık Yönetimi. *Sosyal Araştırmalar ve Yönetim Dergisi*, (1), 53-67.
- Eryılmaz, H., & Demirarslan, K. O. (2020). Türkiye Tıbbi Atık Envanteri Ve Değerlendirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(13), 89-103.
- Euronews, (2020). Türkiyenin hastane yatak kapasitesi, 16/03/2020, URL: <https://tr.euronews.com/2020/03/16/turkiye-nin-hastane-yatag-kapasitesi-kac-kisi-bas-na-kac-yatak-dusuyor> , Erişim Tarihi: 15/02/2021,
- Giacchetta, G., & Marchetti, B. (2013). Medical waste management: a case study in a small size hospital of central Italy. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, Vol. 6 No. 1, pp. 65-84
- Gönüllü, M. T., AYDINOL, F. İ., Sevimoğlu, O., & Kural, C. (2011). Dispanser Ve Özel Hastanede Oluşan Kati Atık Miktarları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(3), 237-241.
- Gündüzalp, A. A., & Güven, S. (2016). Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 9, 1-19.
- Güvez, H., Dege, M., & Eren, T. (2012). Kırıkkale’de araç rotalama problemi ile Tıbbi Atıkların toplanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 41-45.

- İleri, Y.,Y., Çelik, A. (2018). Hastane Yönetim Etkinliğinde Yerleşim Planının Önemi ve Bir Model Çalışması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (39), 168-180.
- Karagözoğlu, M. B., Özyonar, F., Yılmaz, A., & Atmaca, E. (2009). Katı atıkların yeniden kazanımı ve önemi. *Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu (TÜRKAY 2009)*, 15-17.
- Kubat, G. O. (2020). Türkiye’de Koronavirüs Hastalığı Nedeniyle Ölen Hastaların Koronavirüs Hastalığı Tanısı Konulan Hastalara Oranı. Online International Conference of Covid-19 (CONCOVID), 12-14 Haziran 2020, Bildiriler Kitabı–Sağlık Bilimleri, 201.
- Küçük, A. (2013). Tıbbi atık yönetiminin ekonomisi. *Sayıştay Dergisi*, (90), 73-95.
- Sayar, Ş. ( 2012). Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Sakarya.
- Sıfır Atık Yönetmeliği, 2019, Resmî Gazete Tarihi: 12.07.2019 Resmî Gazete Sayısı: 30829, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- TAKY, (2017). Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 25.01.2017 Resmî Gazete Sayısı: 29959, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- TCY, (2011), Tıbbi Cihaz Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 07.06.2011 Resmî Gazete Sayısı: 27957, Türkiye Mevzuat Bilgi Sistemi.
- Tük, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, Sağlık ve Sosyal Koruma, Erişim Tarihi:13/02/2021, URL: <https://cip.tuik.gov.tr/#>
- Tük, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim Tarihi: 13/02/2021, URL: <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33900#:~:text=T%C4%B1bbi%20at%C4%B1k%20istatistikleri%20kapsam%C4%B1nda%2C%202019,%251%2C6%20art%C4%B1%C5%9F%20g%C3%B6sterdi.>
- Yavuz, C.I., (2020). Yeni Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) ve Çevre Sağlığı Açısından Değerlendirmeler, Yeni Koronavirüs Hastalığı (COVID-19), Hacettepe Üniversitesi Yayınevi, 53-61
- Web-1, (2021). Renkli Tıbbi Atık Torbası, Erişim Tarihi: 17/02/2021, URL: <https://kurtulusplastik.com/renkli-tibbi-atik-torbasi/>
- Web-2, (2021). Tıbbi Atık Kovası ve Poşeti, Erişim Tarihi: 17/02/2021, URL: <https://www.barisdental.com/urun/tibbi-atik-kovasi-ve-atik-poseti#>
- Web-3, (2021). Tıbbi Atık Bertaraf Haber, Erişim Tarihi; 17/02/2021, URL: <https://www.nigdehaber.com.tr/haber/21679/245-ton-tibbi-atik-bertaraf-edildi.html>

## *Rheum ribes* Özütlerinin Antioksidan ve Antibakteriyel Aktiviteleri

Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI<sup>1\*</sup>, Filiz UÇAN TÜRKMEN<sup>2</sup>, Mustafa GÜNEŞ<sup>3</sup>, Pemra BAKIRHAN<sup>4</sup>

### Öz

Polygonaceae familyasının türü olan *Rheum ribes*'in taze gövde ve yaprakları Lübnan, İran ve Türkiye'nin doğusunda sebze olarak tüketilmektedir. Son zamanlarda farmakolojik alanlarda kullanılan bu bitkiden Asya ülkelerinde saf ilaç materyalleri üretilmektedir. Çalışmamızda, *Rheum ribes* gövde kısımlarından etil asetat, hekzan, metanol ve saf su çözücülerini kullanılarak 10-100 mg/mL konsantrasyonlarda hazırlanan özütlerin *in vitro* fitokimyasal, antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri incelenmiştir. Çözücülere bağlı olarak ekstraksiyon verimi değişmekle birlikte en yüksek ekstraksiyon verimi (%25.3), en yüksek total fenolik (0.80±0.00 mg GAE/g) ve flavonoid içerik (0.321±0.00 mg RE/g) 100 mg/mL konsantrasyonda metanol özütünde belirlenmiştir. *Rheum ribes* metanol gövde özütünün DPPH· süpürme aktivitesi %91.10±0.51 olarak kaydedilmiş olup IC50 dozu 10.50 mg/mL'dir. En yüksek Fe(II) iyonlarını şelatlama aktivitesi %49.70±3.10, indirgeme kapasitesi (0.19±0.00) ve süperoksit anyonu giderme aktivitesi (%39.20±2.40) 100 mg/mL konsantrasyonda metanol özütünde belirlenmiştir. *Rheum ribes*'in etil asetat, hekzan ve metanol özütlerinin test bakterileri üzerinde antibakteriyel aktivite gösteremediği belirlenmiştir. Saf su özütünün gösterdiği antibakteriyel aktivite 9.00±1.00 ve 14.50±1.50 mm zon çapı aralığındadır. En yüksek inhibitör etki 14.50±1.50 mm zon çapı ile *S. aureus*'a karşı gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Rheum ribes*, Antioksidan, Antibakteriyel

## Antibacterial and Antioxidant Activities of *Rheum ribes* extracts

### Abstract

The fresh stem and leaves *Rheum ribes*, species of Polygonaceae family, are consumed as vegetable in Lebanon, Iran and eastern Turkey. Recently, crude drug materials from this plant are used in pharmacological research in Asian countries. In this study, *in vitro* phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of the extracts prepared at 10-100 mg/mL concentrations by using ethyl acetate, hexane, methanol and distilled water from stem parts of *Rheum ribes* were examined. The extraction efficiency varies depending on the solvents and the highest extraction efficiency was calculated as %25.3 at methanol extract. The highest total phenolic and flavonoid contents were determined 0.80 ± 0.00 mg GAE/g and 0.321 ± 0.00 mg RE/g at 100 mg/mL concentration of methanolic extract. DPPH· radical scavenging activity of methanolic stem extract was %91.10±0.51 (IC50 dose 10.50 mg/mL). The highest Fe(II) ions chelating activity (49.70±3.10%), reduction capacity (0.19±0.00) and superoxide anion scavenging activity (39.20 ± 2.40%) were recorded at methanol extract. Ethyl acetate, hexane and methanol extracts of *Rheum ribes* not showed antibacterial activity against test bacteria. Antibacterial activity of distilled water extract was in the range of 9.00±1.00 and 14.50±1.50 mm. The highest inhibitory effect was observed against *S. aureus* with 14.5 ± 1.50 mm zone diameter.

**Keywords:** *Rheum ribes*, Antioxidant, Antibacterial

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye, mersimek@hotmail.com

<sup>2</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye, ucanfiliz@gmail.com

<sup>3</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik ABD, Kilis, Türkiye, mstfgns79@gmail.com

<sup>4</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik ABD, Kilis, Türkiye, pemrabakirhan@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5394-4959>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3653-9433>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-3878-7254>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-4172-0648>

## 1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü küresel nüfusun %80'inin birinci basamak sağlık hizmeti ihtiyaçları için geleneksel yöntemlerle tıbbi bitkilerden elde edilen ilaçların kullanıldığını bildirmiştir. Tarih boyunca Anadolu'da da tedavi amaçlı kullanılan bitkilere, halk hekimliği uygulamalarında yaygın olarak rastlanılmaktadır. Anadolu'da yetişen bitkiler baharat, boya, gıda, çay, hayvan hastalıklarının tedavisi, meşrubat ve kozmetik sanayinde kullanımı gibi birçok alanda kültürel çeşitliliğimizin bir parçası olmuştur.

Yayla muzunu (*R. ribes*), Lübnan, Irak, İran ve Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgelerinde yetişen Polygonaceae familyasına ait çok yıllık bir bitkidir (Davis, 1967). Doğu bölgelerimizde 1800 ile 2800 metre yüksekliklerde yayılış gösteren bitki olup, bölgesel olarak değişmekle beraber ılgın, yayla muzunu ve uçkun gibi adlarla anılmaktadır (Tosun ve Kızılay, 2003). *R. ribes*, Doğu Anadolu Bölgesinde Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında görülüp, boyu ortalama 150 cm'dir (Andiç ve ark., 2009). Gövde taban kısımdan yapraklıdır. Yaprakları büyük, kırmızımsı, bitkinin kenarları ince tırtırlı ve buruşuk şeklindedir. Yaprakların üst tarafı sert ve pürüzlüdür. Çiçekleri ise küçük, sarımsı ve beyazdır. Tohumların boyutu 9-15 mm'dir. Kazık köklü ve çok yıllıktır. *R. ribes*, kabukları gövdeden temizlenerek yenen, pH değeri 3.56 olması sebebiyle ekşi tat veren ve yeşil renkli bir bitkidir.

*R. ribes* 1939 yılında tıbbi açıdan ilk kez incelenmiştir. *R. ribes* yetiştiği bölgede halk tarafından gövde kısmı, taze iken dış kabuğu soyularak yenilmekle beraber Hakkâri'de uçkunlu dondurma ve kek olarak Bitlis'te turşusu yapılarak tüketilmektedir. Tunceli ve Bitlis'in bazı bölgelerinde ateşte pişirilerek tüketilmektedir (Güvenç ve Kaya, 1996).

Besin olarak tüketilmekle beraber halk arasında tıbbi amaçlı olarak da kullanımı yetiştiği bölge içinde oldukça yaygındır. Bitlis ve çevresinde bitkinin gövde kısmı sindirimi kolaylaştırıcı olarak bilinmekte, kök kısımları ise hemoroit ve şeker hastalığı tedavisi için de kullanılmaktadır. Aynı zamanda kökleri, şeker hastalığında fayda sağlamış, ülser ve mide rahatsızlığında olumlu etkiye rastlanmıştır (Tosun ve Kızılay, 2003; Meral 2017). *R. ribes* kökünde anti tümör etkiye sahip maddelerin olduğu düşünülmektedir (Mohammed ve Karim, 2010). Antioksidan özelliklerinden dolayı kanserli hücrelere etki yönünden olumlu sonuçlar verebileceği düşünülen bu bitki üzerinde yapılan bir çalışmada ilk bulgulara göre kaynatılarak elde edilen özütlerin kanserli dokuda antiproliferatif bir etkisi bulunamamıştır. *R. ribes* genç sürgünlerinde, krizofanol, fiskiyon ve emodolan trakinonlarıyla, kuersetin, 5-dezoksikuersetin, kuersetin 3-O-ramnozid, kuersetin 3-O-galaktozid ve kuersetin 3-O-rutinozid flavonoidleri bulunmaktadır (Tosun ve Kızılay, 2003).

Bu çalışmada, aktarlardan temin edilen hazır kurutulmuş *R. ribes*'in gövde özütlerinin fitokimyasal özellikleri ve antibakteriyel aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Bitki Özütlerinin Hazırlanması

Aktarlardan temin edilen hazır kurutulmuş *R. ribes*'in gövde kısımları mekanik karıştırıcıda çekilerek toz haline getirilip kapalı bir kap içerisinde oda sıcaklığında saklanmıştır. %10 (w/v) konsantrasyonda etil asetat, hekzan, metanol ve saf su kullanılarak oda sıcaklığında 180 rpm'de 72 saat çalkalamalı koşullarda ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyonu takiben süzüntü Whatman filter paper No.1 ile süzölmüş ve evaporatörde (Heidolph Hei-Vap Presicion ML/G1) konsantre edilmiştir. Her çözücünün kaynama noktasına uygun sıcaklıklarda yapılan evaporasyon sonrası örneklerin son konsantrasyonu 100 mg/mL olacak şekilde metanol içerisinde süspanse edilmiştir. Özütler analizlerde kullanılana kadar +4°C'de saklanmıştır.

### 2.2. Fitokimyasal Analizler

*R. ribes* özütlerindeki toplam fenolik madde miktarı Folin Ciocalteu kalorimetrik metodu ile belirlenmiştir. Ekstraktların 500 µL'sine %7.5'lik NaHCO<sub>3</sub> çözeltisinden 2.5 mL eklenmiştir. Karışıma %10'luk Folin-Ciocalteu ayracından 2.5 mL ilave edilmiştir. 45°C'de 45 dak. su banyosunda inkübasyon süresince tüplerdeki renk değişimi takip edilmiştir. Örneklerin absorbansı spektrofotometrede (Biochrom, Libra S60, B, England) 765 nm dalga boyunda köre karşı okutulmuştur. Sonuçlar, ekstrenin gramı başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir (Stankovic, 2011).

Flavonoid madde miktarı için, özütler 1:5 oranda saf su ile seyreltilmiş ve %5'lik 300 µL NaNO<sub>2</sub> eklenerek oda sıcaklığında 5 dak. bekletilmiştir. Takiben reaksiyon karışımına 600 µL %10'luk AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O eklenmiş tekrar 5 dak. oda sıcaklığında bekletilmiştir. 2 mL 1 M'lık NaOH ilave edilmiş ve karışıma saf su eklenerek son hacim 10 mL'ye tamamlanmıştır. 510 nm'de karışımın absorbansı okutulmuştur. Sonuçlar, ekstrenin gramı başına mg rutin eşdeğeri (RE) olarak ifade edilmiştir. (Sharm ve Vig, 2013).

### 2.3. Antioksidan Kapasite Analizleri

**DPPH• süpürme aktivite tayini:** Blois'in (1958) tarafından bildirilen serbest radikal giderme metodu örneklerin bir elektron veya proton verebilme yeteneğine bağlı olarak DPPH• (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) çözeltisinin renginin açılması esasına dayanmaktadır.



*Rheum* özütlerinin 100 µL'si metanol içinde çözülmüş DPPH· (0.025 g/L) çözeltisinin 3.9 mL'sine eklenmiştir. Reaksiyon gerçekleşmesi için karışım 120 dak. karanlıkta bekletilmiştir. Reaksiyon karışımı 515 nm dalga boyunda okutulmuştur. Standart olarak 200-1000 µg/mL konsantrasyonda BHT (Butilhidroksi toluen) kullanılmıştır. Örnek yerine metanolün ilave edildiği tüplerin absorbansı kontrol olarak değerlendirilmiştir. Özütlerin DPPH· radikali giderme aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH}\cdot \text{ inhibisyonu (\%)} = [(\text{Abs}_{\text{Kontrol}} - \text{Abs}_{\text{Numune}}) / \text{Abs}_{\text{Kontrol}}] \times 100$$

**Demir (II) iyonlarını şelatlama aktivitesinin tayini:** *Rheum* özütlerinin Fe<sup>+2</sup> iyonlarını şelatlama aktivitelerini belirlemek için Dinis ve ark., (1994) buldukları metot uygulanmıştır. Belirtilen yöntemle göre demir şelatlama gücü yüksek olan ferrozine, ekstraktlarda bulunan metal bağlayıcı bileşiklerin yarışması esasına dayanmaktadır. Özütler içinde bulunan bileşiklerin demir bağlama gücü yüksekse kırmızı renkli olan ferrozine-Fe<sup>+2</sup> kompleksinin oluşumu engellenecektir.

100 µL özüt içeren deney tüplerine 370 µL saf su ve 10 µL 2 mM FeCl<sub>2</sub> çözeltisi eklenmiştir. Reaksiyon karışımı oda sıcaklığında 30 dak. bekletilmiştir. Tüplere 20 µL 5 mM ferrozine çözeltisi ilave edilip karıştırılmıştır. Karışıma 2.5 mL saf su eklenerek 10 dak. bekletilmiştir. İnkübasyonu takiben spektrofotometrede 562 nm dalga boyunda köre karşılık örnekler okunmuştur. Standart olarak 50-250 µg/mL konsantrasyonlarda EDTA kullanılmıştır. Örnek yerine özütlerin hazırlandığı çözücüye göre 1 mL saf su ve metanol kullanılarak kontrol çalışılmıştır. Ferrozine-Fe<sup>+2</sup> kompleksinin inhibisyon yüzdesi aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Şelatlama Aktivitesi: } (1 - (\text{562 nm'de Örnek Absorbansı} / \text{562 nm'de Kontrol Absorbansı})) \times 100$$

**İndirgeme kapasite tayini:** Oyaizu'nun (1986) belirlediği metotla özütlerin indirgeme kapasitesi belirlenmiştir. Örneklerin içinde bulunan indirgen maddenin Fe<sup>+3</sup> iyonunu Fe<sup>+2</sup> iyonuna indirgenmesi test edilmektedir. Ortama FeCl<sub>3</sub> eklenmesiyle Prusya mavisi rengini alan yeni karışımın absorbans değeri ölçülür. Elde edilen yüksek absorbans değeri aynı zamanda yüksek indirgeme kapasitesine göstermektedir. *Rheum* özütlerinin 100 µL'sine, 250 µL fosfat tamponu (0.2 M pH 6,6) ve 250 µL %1'lik K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 50°C'de 20 dak bekletilmiş ve 250 µL %10'luk TCA eklenmiş ve 2500 rpm'de 10 dak santrifüj edildikten sonra 250 µL alınan örneklere eşit hacimde saf su ve 50 µL %0,1'lik FeCl<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilmiştir. Reaksiyon karışımına 1650 mL saf su eklenmiştir ve reaksiyon karışımlarının absorbansı 700 nm'de okutulmuştur. Standart olarak BHA çözeltisi (Butilhidroksi anisol) kullanılmıştır.

**Süperoksit radikali giderme aktivitesi:** Süperoksit anyonu giderme aktivitesi Nishikimi ve ark. (1972) metoduna göre belirlenmiştir. NADH/PMS/O<sub>2</sub> sistemi ile üretilen süperoksit radikali sarı renkli NBT'yi mavi-mor renkli formazon türevine indirgemektedir. 1 mL 156 µM NBT (0.1 M fosfat tamponunda, pH 7.4) ve 1 mL 468 µM NADH (0.1 M fosfat tamponunda, pH 7.4) karışımlarına 1 mL değişik konsantrasyonlarda hazırlanan bitki özütleri veya 1 mL standart BHA çözeltisi (50-400 µg/mL) ilave edilmiştir. Reaksiyon çözeltisine 100 µL 60 µM PMS çözeltisi (0.1 M fosfat tamponu pH 7.4) eklendikten sonra 25°C'de 5 dak inkübasyon sonunda örnekler spektrofotometrede 560 nm'de okutulmuştur. Aynı deney koşullarında 1 mL su kullanılarak kontrol çalışılmıştır. Aşağıdaki formüle göre özütlerin antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir.

% Süperoksit Radikali Giderme Aktivitesi =  $\frac{((560 \text{ nm'de Kontrol Absorbansı} - 560 \text{ nm'de Örnek Absorbansı})/560 \text{ nm'de Kontrol Absorbansı}) \times 100}{1}$

## 2.4. Antibakteriyel Analizler

Antimikrobiyal analizler Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Bauer ve ark., 1966). Mikroorganizmaların bir gecelik kültürlerinin yoğunluğu steril fizyolojik tuzlu ile 0.5 MacFarland standart bulanıklığa ayarlanmıştır. Mueller Hinton Agar besiyeri yüzeyine steril eküvyon çubuğu ile 0.5 MacFarland bulanıklığa ayarlanan kültürler inoküle edilmiştir. İnokülasyonu takiben 6 mm çaplı steril blank disklere her bir yayla muz ekstrelerinden 20 µL emdirilip steril penset yardımı ile agar yüzeyine yerleştirilmiştir. Test edilen her mikroorganizma türüne spesifik pozitif kontrol kullanılmıştır. *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Proteus spp.* için Tetrasiklin (30 mcg/disk); *Staphylococcus aureus* için Metisilin (5 mcg/disk); *Pseudomonas aeruginosa* için Polimiksin B (300 unite/disk) kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak kullanılmak üzere ise steril blank disklere 20 µL metanol emdirilmiştir. Disklerin eşit aralıklarla yerleştirildiği plaklar 37°C'de 12-24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresini takiben disklerin etrafında bakterilerin üremediği şeffaf zonların varlığı incelenmiştir. Tüm antimikrobiyal analizler üç tekrarlı yürütülmüştür.

## 2.5. İstatistiksel Analiz

Analiz sonuçları, SPSS 22.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir (p<0.05).

### 3. Araştırma Bulguları

Çözücülerin polaritesine bağlı olarak özütlerin verimi değişmekle birlikte, en yüksek ekstraksiyon verimi metanol ekstratında %25.3 olarak belirlenmiştir. Etil asetat ve saf su kullanılarak yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen % verim 18 ve 20'dir. En düşük ekstraksiyon verimi ise hekzanda %10 olarak hesaplanmıştır. Bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin hidrofobik özelliklerinden dolayı metanol ve saf su gibi polaritesi yüksek çözücülerin kullanıldığı çalışmalarda yüksek verim sonuçları elde edilmektedir. 10-100 mg/mL konsantrasyonlardaki özütlerin toplam fenolik madde miktarı mg GAE/g cinsinden Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** *R. ribes* özütlerinin toplam fenolik içerikleri (mg GAE/g ekstre)

| Konsantrasyon | Etil Asetat             | Hekzan                 | Metanol                | Saf su                  |
|---------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 10 mg/mL      | 0.24±0.01 <sup>c</sup>  | 0.12±0.00 <sup>c</sup> | 0.48±0.00 <sup>d</sup> | 0.37±0.01 <sup>c</sup>  |
| 25 mg/mL      | 0.34±0.01 <sup>bc</sup> | 0.17±0.00 <sup>d</sup> | 0.60±0.02 <sup>c</sup> | 0.53±0.02 <sup>b</sup>  |
| 50 mg/mL      | 0.42±0.00 <sup>bc</sup> | 0.25±0.01 <sup>c</sup> | 0.64±0.03 <sup>c</sup> | 0.62±0.01 <sup>ab</sup> |
| 75 mg/mL      | 0.60±0.02 <sup>ab</sup> | 0.38±0.00 <sup>b</sup> | 0.72±0.01 <sup>b</sup> | 0.72±0.00 <sup>a</sup>  |
| 100 mg/mL     | 0.73±0.03 <sup>a</sup>  | 0.48±0.00 <sup>a</sup> | 0.80±0.00 <sup>a</sup> | 0.73±0.01 <sup>a</sup>  |

\*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte farklı simgeler (a-e, a-d ve a-c) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05)).

Fenolik maddelerin alt grubu olan flavonoidler, oksidanlara bir hidrojen aktararak etkisiz hale getiren antioksidan bileşiklerdir. Bu etki oksidan bileşiklerin baskılanma etkisi olarak değerlendirilmektedir (Memişoğlu, 2005). *R. ribes* özütlerindeki toplam flavonoid miktarı Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** *R. ribes* özütlerinin toplam flavonoid içerikleri (mg RE/g ekstre)

| Konsantrasyon | Etil Asetat             | Hekzan                   | Metanol                 | Saf su                  |
|---------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 10 mg/mL      | 0.059±0.00 <sup>c</sup> | 0.058±0.00 <sup>c</sup>  | 0.061±0.00 <sup>c</sup> | 0.062±0.00 <sup>d</sup> |
| 25 mg/mL      | 0.126±0.00 <sup>d</sup> | 0.061±0.00 <sup>bc</sup> | 0.108±0.01 <sup>d</sup> | 0.075±0.00 <sup>d</sup> |
| 50 mg/mL      | 0.183±0.01 <sup>c</sup> | 0.069±0.01 <sup>b</sup>  | 0.141±0.00 <sup>c</sup> | 0.102±0.00 <sup>c</sup> |
| 75 mg/mL      | 0.219±0.01 <sup>b</sup> | 0.080±0.00 <sup>a</sup>  | 0.209±0.00 <sup>b</sup> | 0.129±0.00 <sup>b</sup> |
| 100 mg/mL     | 0.254±0.00 <sup>a</sup> | 0.084±0.00 <sup>a</sup>  | 0.321±0.00 <sup>a</sup> | 0.174±0.02 <sup>a</sup> |

\*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte farklı simgeler (a-e, a-d ve a-c) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05)).

Özütlerin konsantrasyon oranı arttıkça toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin de arttığı gözlenmektedir. *R. ribes* özütlerindeki toplam fenolik madde içerikleri 0.12±0.00<sup>c</sup> ve 0.80±0.00<sup>a</sup> mg GAE/g ekstre aralığında belirlenmiştir. Toplam flavonoid içerikleri ise 0.058±0.00<sup>c</sup> ve 0.321±0.00<sup>a</sup> mg RE/g ekstre olarak hesaplanmıştır. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları, Tukey çoklu değerlendirme testine göre karşılaştırıldığında ortalamalar arasındaki gözlenen fark önemli bulunmuştur. Konsantrasyona bağlı en yüksek fenolik ve flavonoid madde içerikleri metanolik özütte gözlenmekte olup, 100 mg/mL konsantrasyondaki fenolik madde içeriği 0.80±0.00<sup>a</sup>

mg GAE/g ve flavonoid içerik ise  $0.321 \pm 0.00^a$  mg RE/g olarak hesaplanmıştır. En düşük fitokimyasal içeriğe hekzan özütünde rastlanmıştır.

Farklı konsantrasyonlardaki *R. ribes* özütlerinin ve standart antioksidanın (BHT) % inhibisyon cinsinden DPPH· radikal süpürme aktiviteleri ve IC50 dozu Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** *R. ribes* özütlerinin ve BHT'nin DPPH· süpürme aktivitesi (%) ve IC50 dozu

| Özütler     | 10 mg/mL                | 25 mg/mL                 | 50 mg/mL                 | 75 mg/mL                 | 100 mg/mL               | IC50 dozu (mg/mL) |
|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| Etil Asetat | 45.03±0.00 <sup>c</sup> | 58.29±0.00 <sup>d</sup>  | 68.89±0.01 <sup>c</sup>  | 82.59±0.01 <sup>b</sup>  | 86.86±0.00 <sup>a</sup> | 12.47             |
| Hekzan      | 20.03±0.51 <sup>e</sup> | 33.10±0.06 <sup>d</sup>  | 49.23±0.64 <sup>c</sup>  | 61.61±0.13 <sup>b</sup>  | 77.61±0.57 <sup>a</sup> | 54.71             |
| Metanol     | 46.00±0.06 <sup>c</sup> | 60.20±0.13 <sup>d</sup>  | 70.00±0.32 <sup>c</sup>  | 86.00±0.01 <sup>b</sup>  | 91.10±0.51 <sup>a</sup> | 10.50             |
| Saf su      | 30.80±0.1 <sup>d</sup>  | 39.03±0.51 <sup>cd</sup> | 53.38±0.06 <sup>bc</sup> | 69.13±0.38 <sup>ab</sup> | 84.82±0.13 <sup>a</sup> | 42.97             |
| Standart    | 200 µg/mL               | 400 µg/mL                | 600 µg/mL                | 800 µg/mL                | 1000 µg/mL              | 0.58              |
| BHT         | 26.29±0.18 <sup>e</sup> | 42.53±1.31 <sup>d</sup>  | 51.99±0.54 <sup>c</sup>  | 63.53±1.61 <sup>b</sup>  | 70.67±0.30 <sup>a</sup> |                   |

\*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte farklı simgeler (a-e ve a-d) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05)).

*R. ribes* özütlerindeki toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin yüksek olduğu metanolik ekstraktta en yüksek DPPH· giderme aktivitesi 100 mg/mL konsantrasyonda  $91.10 \pm 0.51^a$  olarak belirlenmiştir. Özütün IC50 dozu 10.50 mg/mL'dir. % inhibisyonun en yüksek olduğu metanolik ekstraktın, DPPH·'ın %50'sini inhibe eden dozu düşüktür. *R. ribes*'in etil asetat, hekzan, metanol ve saf su ekstraktlarının 100 mg/mL'lik konsantrasyonlarında sırasıyla  $86.86 \pm 0.00^a$ ,  $77.61 \pm 0.57^a$ ,  $91.10 \pm 0.51^a$  ve  $84.82 \pm 0.13^a$  radikal giderme aktivitesi gözlenmiştir. Standart olarak BHT kullanılan test sisteminde 1000 µg/mL konsantrasyonda  $70.67 \pm 0.30^a$  inhibisyon gözlenmiş ve IC50 dozu 0.58 mg/mL olarak tespit edilmiştir.

*R. ribes*'in kök ve gövde kısımlarının metanol ve kloroform özütlerinin incelendiği literatürde, çalışmamıza benzer şekilde en yüksek fenolik içerik ( $35.71 \pm 1.23$  µg PEs/mg) gövde metanol özütünde belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer nitelikte fenolik içeriğinin en yüksek olduğu gövde metanol ekstraktında yüksek DPPH· inhibisyonu kaydedilmiştir (Öztürk ve ark., 2007). Bingöl'den toplanan yenilebilir yabancı sebzelerden *R. ribes* L.'nin aseton; saf su; asetik asit (70:29.5:0.5 v/v/v) özütünün  $23.32 \pm 3.05$  mg GAE/100gm total fenolik içeriğinde, DPPH· inhibisyonunun IC50 dozunu  $32.66 \pm 1.45$  olarak tespit etmişlerdir (Samancıoğlu ve ark., 2016). Bu IC50 dozu çalışmamızda metanol özütünde hesaplanan (10.50 mg/mL) değerden oldukça yüksektir.

Çalışmamızda polar çözücüler arasındaki en yüksek IC50 dozu (42.97 mg/mL) saf su özütlerinde rastlanmıştır. Benzer şekilde, *R. ribes* L.'nin kök sulu ve etanol özütlerinin incelendiği çalışmada, yüksek fenolik ve flavonoid içeriği gözlenen etanol ekstraktının (4.73 µg/mL) IC50 dozu su ekstraktına (25.62 µg/mL) göre düşük bulunmuştur (Khalida ve ark., 2014).

Meral (2017), çalışmamızın sonuçlarına benzer olarak fenolik madde miktarı yüksek güneşte kurularak hazırlanan özütte en yüksek DPPH· inhibisyonu (%52-91) kaydedilmiştir. Mohammed ve ark. (2018) tarafından *R. ribes*'in kök ve gövde etil asetat, hekzan ve metanol özütlerinde en yüksek

fenolik içerik etil asetat özütlerinde  $88.28 \pm 0.40$   $\mu\text{g}$  GAE/mg olarak belirlenirken en yüksek flavonoid içerik  $278.19 \pm 5.76$   $\mu\text{g}$  kuersetin/mg ile metanol özütünde rapor edilmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde en düşük total fenolik ( $11.72 \pm 0.10$   $\mu\text{g}$  GAE/mg) ve flavonoid ( $10.23 \pm 1.58$   $\mu\text{g}$  quercetin E/mg) içerik hekzan özütünde tespit edilmiştir.

Yıldırım ve ark. (2015) *R. ribes*'in tohum ve meyvesinin metanolik özütlerinin antioksidan aktivite analizlerinde çalışmamızı destekler nitelikte konsantrasyon arttıkça ekstraktların % radikal süpürme aktivitesinin de arttığı tespit edilmiştir. En yüksek radikal giderme aktivitesi meyve özütünde %78 olarak belirlenmiş olup, çalışmamızda kaydedilen 75 ve 100 mg/mL konsantrasyonda gövde metanol özütlerinin antioksidan aktivitesinden oldukça düşüktür ( $86.00 \pm 0.01^b$  ve  $91.10 \pm 0.51^a$ ).

Çalışmamıza benzer olarak Mohammed ve ark. (2018), etil asetat, hekzan ve metanol kök ve sap özütleri için en düşük % DPPH· inhibisyonuna hekzan özütlerinde ( $11.72 \pm 0.10$  ve  $20.65 \pm 0.13$ ) rastlamışlardır. Nemat Shahi ve ark. (2016) tarafından *R. ribes* metanolik özütünün en yüksek DPPH· inhibisyonu 300 mg/L konsantrasyonda ortalama %90 olarak tespit edilmiştir. Bu inhibisyon çalışmamızda belirlenen 100 mg/mL konsantrasyonda elde edilen  $91.10 \pm 0.51^a$ 'den oldukça düşüktür.

Çalışmamızda elde edilen veriler gibi, 300  $\mu\text{g}$  *R. ribes* içeren ekstraktların DPPH inhibisyon analizinde en düşük absorbans değeri polar çözücülerde belirlenmiştir (Oktay ve ark., 2007).

Özütlerin  $\text{Fe}^{+2}$  iyonlarını şelatlama analizleri, Tukey çoklu değerlendirme testine göre karşılaştırıldığında ortalamalar arasındaki gözlenen fark önemli bulunmuştur (Tablo 4).

**Tablo 4.** *R. ribes* özütlerinin Fe Şelatlama aktivitesi (%)

|                    | 10 mg/mL                   | 25 mg/mL                    | 50 mg/mL                    | 75 mg/mL                    | 100 mg/mL                   |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Etil Asetat</b> | $9.17 \pm 0.28^c$          | $16.39 \pm 0.83^d$          | $17.50 \pm 0.28^c$          | $24.44 \pm 1.11^b$          | $31.67 \pm 1.11^a$          |
| <b>Hekzan</b>      | $4.44 \pm 0.56^e$          | $11.90 \pm 1.40^d$          | $16.40 \pm 0.80^c$          | $22.50 \pm 1.90^b$          | $27.80 \pm 0.60^a$          |
| <b>Metanol</b>     | $25.60 \pm 1.10^c$         | $29.70 \pm 1.40^c$          | $36.40 \pm 1.40^b$          | $40.30 \pm 1.40^b$          | $49.70 \pm 3.10^a$          |
| <b>Saf su</b>      | $9.20 \pm 0.80^e$          | $19.44 \pm 0.56^d$          | $25.00 \pm 0.56^c$          | $30.56 \pm 2.22^b$          | $40.83 \pm 1.94^a$          |
| <b>Standart</b>    | 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ | 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ | 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ | 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ | 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ |
| <b>EDTA</b>        | $80.16 \pm 1.34^b$         | $93.59 \pm 0.83^a$          | $94.42 \pm 0.00^a$          | $94.83 \pm 0.00^a$          | $94.73 \pm 0.10^a$          |

\*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte farklı simgeler (a-e, a-b ve a-c) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ )).

*R. ribes* özütlerinin  $\text{Fe}^{+2}$  iyonlarını şelatlama aktivitesi  $4.44 \pm 0.56^e$  ve  $49.70 \pm 3.10^a$  aralığındadır. DPPH· radikali giderme aktivitesi sonuçlarımıza benzer şekilde en düşük metal şelatlama aktivitesi hekzan özütünde ( $4.44 \pm 0.56^e$ ) belirlenmiştir. 100 mg/mL konsantrasyondaki etil asetat, hekzan, metanol ve saf su özütlerinin  $\text{Fe}^{+2}$  iyonlarını şelatlama aktivitesi sırasıyla  $31.67 \pm 1.11$ ,  $27.80 \pm 0.60$ ,  $49.70 \pm 3.10$  ve  $40.83 \pm 1.94$  olarak tespit edilmiştir.

50-250  $\mu\text{g}/\text{mL}$  konsantrasyonda EDTA kullanılan test sisteminde metal şelatlama aktivitesi  $80.16 \pm 1.34^b$  ve  $94.73 \pm 0.10^a$  olarak hesaplanmıştır. Test edilen *R. ribes* ekstraktlarının  $\text{Fe}^{+2}$  iyonlarını şelatlama aktivitesi EDTA ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Tanrıkurt ve ark. (2013), Diyarbakır yerel marketlerden temin edilen *R. ribes* gövde kısımlarından sulu özütler hazırlamışlar ve ortalama olarak EDTA'dan 90 kat daha düşük metal şelatlama aktivitesi saptamışlardır. Öztürk ve ark. (2007), *R. ribes*'in kök ve gövde kısımlarının metanol ve kloroform özütlerinin metal şelatlama aktivitesini inceledikleri çalışmada, sonuçlarımıza benzer şekilde özütlerinin konsantrasyonu arttıkça şelatlama aktivitesinin de arttığını saptamışlardır. En yüksek metal şelatlama aktivitesi metanol gövde özütünde %93.71±0.80 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen en yüksek şelatlama aktivitesinden (%49.70±3.10<sup>a</sup>) oldukça yüksektir.

Özütlerin indirgeme kapasitesi analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** *R. ribes* özütlerinin indirgeme kapasitesi tayini (abs.)

|                    | 10 mg/mL               | 25 mg/mL               | 50 mg/mL               | 75 mg/mL               | 100 mg/mL              |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Etil Asetat</b> | 0.07±0.01 <sup>d</sup> | 0.09±0.00 <sup>c</sup> | 0.11±0.00 <sup>b</sup> | 0.11±0.00 <sup>b</sup> | 0.13±0.01 <sup>a</sup> |
| <b>Hekzan</b>      | 0.07±0.00 <sup>e</sup> | 0.09±0.00 <sup>d</sup> | 0.11±0.00 <sup>c</sup> | 0.10±0.00 <sup>b</sup> | 0.12±0.00 <sup>a</sup> |
| <b>Metanol</b>     | 0.12±0.00 <sup>e</sup> | 0.13±0.00 <sup>d</sup> | 0.15±0.00 <sup>c</sup> | 0.17±0.00 <sup>b</sup> | 0.19±0.00 <sup>a</sup> |
| <b>Saf su</b>      | 0.09±0.00 <sup>e</sup> | 0.11±0.00 <sup>d</sup> | 0.12±0.00 <sup>c</sup> | 0.13±0.01 <sup>b</sup> | 0.14±0.00 <sup>a</sup> |
| <b>Standart</b>    | 20 µg/mL               | 50 µg/mL               | 100 µg/mL              | 200 µg/mL              | 400 µg/mL              |
| <b>BHA</b>         | 0.22±0.01 <sup>c</sup> | 0.24±0.01 <sup>c</sup> | 0.25±0.02 <sup>c</sup> | 0.32±0.03 <sup>b</sup> | 0.51±0.01 <sup>a</sup> |

\*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte farklı simgeler (a-e, a-d ve a-c) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05)).

*R. ribes* özütlerinin Fe<sup>+3</sup>'ü indirgeme kapasitelerinin standartlara kıyasla oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Özütlerin indirgeme kapasiteleri 0.07±0.00 ve 0.19±0.00 aralığındadır. En yüksek indirgeme aktivitesinin gözlemlendiği 100 mg/mL konsantrasyonda metanol özütünün aktivitesi 0.19±0.00'dır. Bu absorbans değeri standart olarak kullanılan BHA'nın 20 µg/mL ve diğer konsantrasyonlardaki indirgeyici güçten oldukça düşüktür.

Oktay ve ark. (2007), Erzurum ilinden temin edilen ışgının (*R. ribes*) farklı kısımlarından elde edilen eter, etanol ve saf su özütlerinden sadece etanol ekstresinde indirgeme kapasitesini belirlemişlerdir. Fakat bu antioksidan aktivite istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Tanrıkurt ve ark. (2013), Diyarbakır'dan temin edilen *R. ribes* sulu gövde özütlerinde 250 µg/mL konsantrasyonda indirgeme kapasitesini 0.46±0.074 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızı destekler nitelikte yüksek indirgeme kapasitesi 250 µg/mL konsantrasyonda yüksek fenolik ve flavonoid içerikle ilişkilendirilmiştir.

Özütlerin süperoksit radikali giderme aktivitesi *in vitro* koşullarda PMS/NADH/O<sub>2</sub> sisteminde süperoksit radikali oluşturularak çalışılmış ve bu radikali etkisizleştirebilme kapasiteleri belirlenmiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** *R. ribes* özütlerinin süperoksit radikali giderme aktivitesi (%)

|                    | 10 mg/mL                | 25 mg/mL                | 50 mg/mL                 | 75 mg/mL                 | 100 mg/mL               |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>Etil Asetat</b> | 14.40±0.80 <sup>c</sup> | 22.00±2.80 <sup>b</sup> | 25.60±1.60 <sup>bc</sup> | 28.00±2.40 <sup>ab</sup> | 32.00±2.40 <sup>a</sup> |
| <b>Hekzan</b>      | 12.00±2.40 <sup>d</sup> | 18.40±0.80 <sup>c</sup> | 24.80±0.80 <sup>b</sup>  | 28.40±0.40 <sup>ab</sup> | 32.00±1.60 <sup>a</sup> |
| <b>Metanol</b>     | 18.80±0.40 <sup>d</sup> | 27.20±3.20 <sup>c</sup> | 31.60±4.40 <sup>ab</sup> | 36.40±2.80 <sup>a</sup>  | 39.20±2.40 <sup>a</sup> |
| <b>Saf su</b>      | 12.80±0.80 <sup>d</sup> | 24.40±0.40 <sup>c</sup> | 32.00±1.60 <sup>b</sup>  | 40.00±0.80 <sup>a</sup>  | 40.00±2.40 <sup>a</sup> |
| <b>Standart</b>    | 50 µg/mL                | 100 µg/mL               | 200 µg/mL                | 300 µg/mL                | 500 µg/mL               |
| <b>BHA</b>         | 11.50±0.26 <sup>c</sup> | 17.10±0.77 <sup>d</sup> | 22.20±0.77 <sup>c</sup>  | 26.30±0.26 <sup>b</sup>  | 28.80±0.77 <sup>a</sup> |

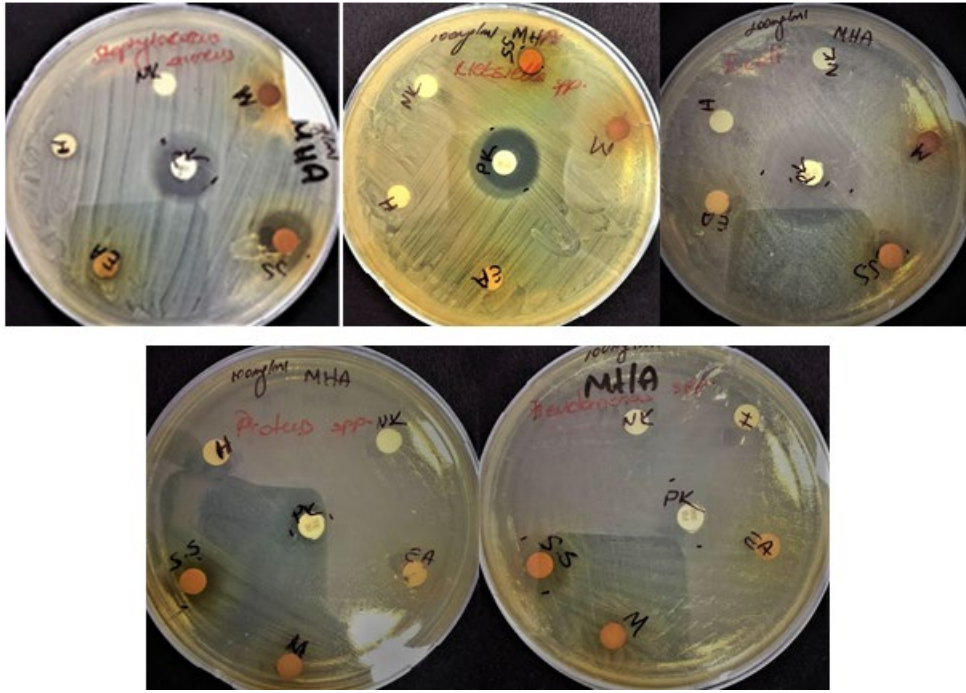
\*(Gösterilen veriler n=3'ün ortalama değerleridir. Grafikte farklı simgeler (a-e, a-d ve a-c) ile ifade edilen değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05)).

50-500 µg/mL konsantrasyonda BHA'nin süperoksit anyonu giderme aktivitesi %11.50±0.26<sup>c</sup> ve 28.80±0.77<sup>a</sup> aralığındadır. Ekstraktların süperoksit anyonu giderme aktiviteleri µg/mL konsantrasyonda test edilen BHA standardından düşüktür.

Polarite indeksi en düşük çözücü hekzan kullanılarak hazırlanmış özütlerin süperoksit anyonu giderme aktivitesi sonuçları, diğer antioksidan aktivite testlerine kıyasla diğer çözücülere yakın % inhibisyon değerleri göstermiştir. Özütlerin konsantrasyon artışı ile süperoksit anyonu giderme aktivitesindeki artışı test edilen tüm konsantrasyonlarda doğru orantılı değildir. Bu sebeple diğer antioksidan aktivite analizlerine karşın, özütlerin süperoksit radikali oluşum inhibisyon değerlerinin konsantrasyona bağlı olmadıkları saptanmıştır.

Tanrıkkurt ve ark. (2013), *R. ribes*'in sulu özütlerinin farklı konsantrasyonlarda süperoksit anyonu giderme aktivitesini test etmişler ve 500 µg/mL konsantrasyonda %31.21±1.00 olarak saptamışlardır. Bu, çalışmamızda elde edilen en yüksek aktivitenin gözlemlendiği (%39.20±2.40<sup>a</sup>) metanol özütünün konsantrasyonundan (100 mg/mL) oldukça düşüktür. Oktay ve ark. (2007), *R. ribes*'in etanol, eter ve su özütlerinin en yüksek süperoksit giderme aktivitelerini kök eter (87.01±0.21) ve etanol (86.69±0.10) özütlerinde saptamışlardır. Çalışmamızdan farklı olarak polaritesi düşük çözücüde yüksek aktivite belirlenmiştir.

Negatif kontrol olarak konsantre metanol kullanılmış ve metanolün izolatlar üzerinde antibakteriyel aktivitesine rastlanmamıştır. 100 mg/mL konsantrasyonda *R. ribes*'in etil asetat, hekzan ve metanol özütlerinin test bakterileri üzerinde antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. *R. ribes*'in saf su ekstraktının 100 mg/mL konsantrasyonda test bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir. Saf su özütlerinin bakterilere karşı gösterdiği antibakteriyel aktivite 9.00±1.00 ve 14.50±1.50 mm zon çapı aralığındadır. En yüksek inhibitör etki 14.50±1.50 mm zon çapı ile *S. aureus*'a karşı gözlemlenmiştir (Şekil 1)



Şekil 1. Ekstraktların ve standart antibiyotiklerin test bakterilerine karşı antibakteriyel aktivitesi

Bu inhibisyon polarite indeksi yüksek saf su gibi çözücülerle hazırlanmış özütlerin içerdiği polifenol miktarının yüksekliği ile ilişkilendirilebilir. Gr negatif test bakterilerine karşı en yüksek inhibitör aktivite  $12.00 \pm 2.00$  mm zon çapı ile *P. aeruginosa*'ya karşı gözlenmiştir. Ancak bu antibakteriyel aktivite, *P. aeruginosa*'ya karşı standart Polimiksin B antibiyotiği için belirlenen  $17.00 \pm 0.00$  mm inhibitör etkiden daha zayıftır.

Saf su özütünün en yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği *S. aureus*'a karşı 25, 50 ve 75 mg/mL test konsantrasyonlarının da inhibitör etkisi saptanmıştır. Konsantrasyona bağlı olarak inhibitör aktivitenin artış gösterdiği belirlenmiştir. 25, 50 ve 75 mg/mL konsantrasyonları için belirlenen inhibitör aktivite sırasıyla  $8.60 \pm 0.40$ ,  $10.00 \pm 1.00$  ve  $11.50 \pm 0.50$  mm olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. *R. ribes* saf su ekstraktının *S. aureus*'a etkili olduğu konsantrasyonlar



Sonuçlarımıza benzer şekilde literatürdeki çalışmalarda *R. ribes* bitkisinin farklı kısımlarının antibakteriyel aktivitesi gözlenmiş olup, bu inhibitör etki çözücü, test edilen mikroorganizma ve ekstraksiyon metotlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Kosikowska ve ark. (2010) tarafından *Rheum* spp.'nin etanol özütünde çalışmamızı destekler nitelikte Gr pozitif bakteri *Staphylococcus* spp.'ye karşı Gr negatif bakterilerden (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Proteus mirabilis*) daha yüksek inhibitör etki gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlarımıza benzer şekilde *R. ribes*'in etanol ve sulu özütlerinde *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* ve *P. mirabilis* karşı geniş bir spektrumda antibakteriyel aktivitesi tespit edilmiştir (Khalida ve ark. 2014). Sonuçlarımızdan farklı olarak, Obaid ve ark. (2016), *R. ribes* metanolik özütünde 9.76-5000 µg/mL konsantrasyonlarda *E. coli* üzerinde antibakteriyel aktivite saptamışlardır.

*R. ribes* ile yapılan farklı bir çalışmada (Tanış ve ark., 2010) standart suşlar üzerinde belirlenen 6-19 mm arasında inhibisyon, sonuçlarımızı desteklemektedir. *R. ribes*'in 25-75 mg/mL konsantrasyonda kök etanolik ve saf su özütlerinin *E. coli*, *S. aureus*, *P. mirabilis* ve *P. aeruginosa*'ya karşı güçlü antibakteriyel aktivite gözlenmiş olup (Khalida ve ark., 2014), bu sonuçlar su özütüne ilişkin sonuçlarımız ile uyumludur.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, Anadolu ve Ortadoğu'da yaygın olarak kullanılan yenilebilir ve tıbbi bitkilerden biri olan *R. ribes*'in antioksidan ve antimikrobiyal önemini ortaya koymuştur. Sonuçlarımıza göre, *R. ribes* özütlerinin serbest radikal hasarına karşı koruyucu ve yardımcı güvenli gıda ürünleri ve katkı maddelerinin geliştirilmesi için kullanılabilir. Bununla birlikte, daha ileriki çalışmalarda, özellikle *R. ribes* metanol özütlerinden antioksidan aktivite gösteren bileşenlerin tanımlanması ve *in vivo* antioksidan aktivite testlerinin yapılması gereklidir.

#### Teşekkürler

Bu çalışma 2019 yılında Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans tezi olarak sunulmuş ve kabul edilmiştir.

#### Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Andiç, S., Tuncurk, Y., Ocak, E., and Kose, S., (2009). Some chemical characteristics of edible wild rhubarb species (*Rheum ribes* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(6), 973-977.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., and Turck, M., (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- Blois, M. S., (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200.
- Davis, P. H., (1967). *Flora of Turkey and The Aegean Islands*, Edinburg University Press
- Dinis, T. C., Madeira, V. M., and Almeida, L. M., (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315(1), 161-169.
- Güvenç, İ., Kaya, Y., (1996). Erzurum'da sebze olarak değerlendirilen yöresel bazı bitkiler. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(3): 369-374.
- Khalida, K. A., Ehkclass, M. T., and Saleh, R. S., (2014). Phenolic profile, antioxidant, and antibacterial effects of ethanol and aqueous extracts of *Rheum ribes* L. Roots. *Der Pharmacia Lettre*, 6(5), 201-205.
- Kosikowska, U., Smolarz, H. D., and Malm, A., (2010). Antimicrobial activity and total content of polyphenols of *Rheum* L. species growing in Poland. *Current European Journal of Biology*, 5(6), 814-820.
- Memişoğulları, R., 2005. Diyabette serbest radikallerin rolü ve antioksidanların etkisi. *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi* 7(3): 30-39.
- Meral, R., (2017). Farklı sıcaklık derecelerinin uşkun bitkisinin antioksidan aktivitesi ve fenolik profili üzerine etkisi. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 88-94.
- Mohammed, B., and Karim, J. K., (2010). Antitumor activity of *Rheum ribes* and *Thymus syriacus* in male albino mice. *Journal of Thi-Qar Science*, 2(3), 2-11.
- Mohammed, I. H., Kakey, E. S., and Farimani, M. M., (2018). *In vitro* evaluation of antioxidant activities for parts of rhubarb (*Rheum ribes*) and syrian mesquite (*Prosopis farcta*). *International Conference on Pure and Applied Sciences (ICPAS 2018)*
- Nemat Shahi, M. M., Elhami Rad, A. H., Nemat Shahi, N., and Bakhsh Amin, M. R., (2016). Study of antioxidant activity and free radical scavenging power of *Rheum ribes* flower extract. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3), 1164-1174.
- Nishikimi, M., Rao, Na., and Yagi, K., (1972). The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 46(2), 849-854.
- Obaida, H. H., Tawfeeq, H. K., Zamel Khalaf, Z., and Shafeeq, Z. S., (2016). Inhibitory effect of rhizomes methanolic extracts of *Rheum ribes* and TiO<sub>2</sub> NPs on *Escherichia coli*. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 30(1), 262-275.
- Oktay, M., Yıldırım, A., Bilaloglu, V., and Gulcin I., (2007). Antioxidant activity of different parts of ısgin (*Rheum ribes* L.). *Asian Journal of Chemistry*, 19(4), 3047-3055.
- Oyaizu, M., (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japan of Nutrition*, 44, 307-315.
- Ozturk, M., Aydogmus Ozturk, F., Duru, M. E., and Topcu, G., (2007). Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food Chemistry*, 103(2), 623-630.

- Samancioglu, A., Sat, I. G., Yildirim, E., Ercisli, S., Jurikova, T., and Mlcek, T., (2016). Total phenolic and vitamin C content and antiradical activity evaluation of traditionally consumed wild edible vegetables from Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 15(2), 208-213.
- Sharm, S., and Vig, P. A., (2013). Evaluation of in vitro antioxidant properties of methanol and aqueous extracts of *Parkinsonia aculeata* L. leaves. *The Scientific World Journal*, 2013. Article ID 604865
- Stankovic, M. S., (2011). Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. extracts, *Kragujevac Journal of Science*. 33(2011), 63-72.
- Tanis, H., Karcioğlu, L., Dıraz, E., ve Aygan, A., (2010). Kahramanmaraş Bölgesinde Yetisen Isgın (*Rheum ribes* L.)'in Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 13(2), 1-3.
- Tanrikut, S. E., Ceken, B., Altas, S., Pirinccioglu, M., Kizil, G., and Kizil, M., (2013). DNA cleavage protecting activity and in vitro antioxidant potential of aqueous extract from fresh stems of *Rheum ribes*. *Acta Alimentaria*, 42(4), 461-472.
- Tosun, F., and Akyuz Kızılay, C., (2003). Anthraquinones and flavanoids from *Rheum ribes*. *Journal of Faculty Pharmacy Ankara*, 32(1), 31-35.
- Yildirim, I., Kutlu, T., and Takim, K., (2015). Comparison of antioxidant activity of *Rheum ribes* fruits and seed methanolic extracts against protein oxidation and lipid peroxidation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 18(5), 232-239.

## **Nevşehir İlinde Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Covid-19 Salgını Başlangıç Döneminde Değerlendirilmesi**

Hüseyin CÜCE<sup>1\*</sup>, Oğuzhan UĞUR<sup>2</sup>

### **Öz**

Hava kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının etkisi ile birlikte küresel ısınma ve iklim değişikliği uzun süredir dünyanın gündeminde yer almaktadır. Kyoto (1997) ve BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında Paris Anlaşması (COP21, 2015) başta olmak üzere küresel iklimi koruma adına imzalanan protokoller ile üye ülkelerin sera gazı emisyon envanterlerinin oluşturulması ve sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, Nevşehir İli karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) Covid-19 salgını başlangıç döneminde (2020 Mart-Ekim) değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Emisyonların hesabında, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kılavuzunda yer alan ve ülkelere önerilen Tier 1 hesaplama metodolojisinden yararlanılmıştır. Hesaplamalarda Nevşehir İl'inde 2015-2020 yılları arasındaki (Mart-Ekim ayları boyunca) yakıt tüketim miktarları esas alınarak sera gazı emisyonları tespit edilmiştir. Sonuçlar benzin, motorin ve LPG akaryakıtlarının yanması sonucu oluşan gazlar dikkate alınarak karbon ayak izi hesabında kullanılan eşdeğer CO<sub>2</sub> cinsinden bulunmuştur. Eşdeğer CO<sub>2</sub> miktarı Gigagram (Gg) biriminde son 5 yılda sırasıyla, 2015 yılında 255,5 Gg, 2016 yılında 318,2 Gg, 2017 yılında 453,6 Gg, 2018 yılında 572,5 Gg, 2019 yılında 346,5 Gg, 2020 yılında 377,0 Gg'dır. Tüm Ülkede olduğu gibi Covid-19 tedbirleri sonucu Nevşehir kent genelinde azalan insan hareketliliği nedeniyle özellikle eşdeğer CO<sub>2</sub> emisyonu 2020 yılı Mart-Ekim döneminde geçmiş yılların Mart-Ekim dönemi ortalamasından düşük olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sera gazı, Karayolu ulaşımı, Hava kirliliği, İklim değişikliği, Covid-19.

## **Evaluation of Greenhouse Gas Emissions from Highway Transport in Nevşehir Province in the Beginning Period of the Covid-19 Pandemic**

### **Abstract**

With the impact of air pollution and greenhouse gas emissions, global warming and climate change have been on the world's agenda for a long time. With the protocols signed for global climate protection, including the Paris Agreement (COP21, 2015) within the scope of Kyoto (1997) and the UN Framework Convention on Climate Change, it is aimed to create greenhouse gas emission inventories and reduce greenhouse gas emissions of the member countries. In this study, it is aimed to evaluate the greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) originating from the highway transportation of Nevşehir Province in the beginning period of the Covid-19 epidemic (March-October 2020). Emissions are calculated using the Tier 1 calculation methodology included in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) manual and recommended for countries in the calculation, fuel consumption amounts between the years 2015-2020 (March-October period) in Nevşehir Province were used. The results were found in terms of CO<sub>2</sub> equivalent used in the carbon footprint calculation, taking into account the gases formed as a result of the burning of gasoline, diesel and LPG fuels. The equivalent amount of CO<sub>2</sub> is 255.5 Gg in 2015, 318.2 Gg in 2016, 453.6 Gg in 2017, 572.5 Gg in 2018, 346.5 Gg in 2019, and 377.0 Gg in 2020. As in the whole country, due to the reduced human mobility in Nevşehir city-wide as a result of the Covid-19 measures, it was observed that the equivalent CO<sub>2</sub> emission was lower than the average of the March-October period of previous years in the March-October period of 2020.

**Keywords:** Greenhouse gas, Highway transport, Air pollution, Climate change, Covid-19.

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, cucehuseyin@gmail.com

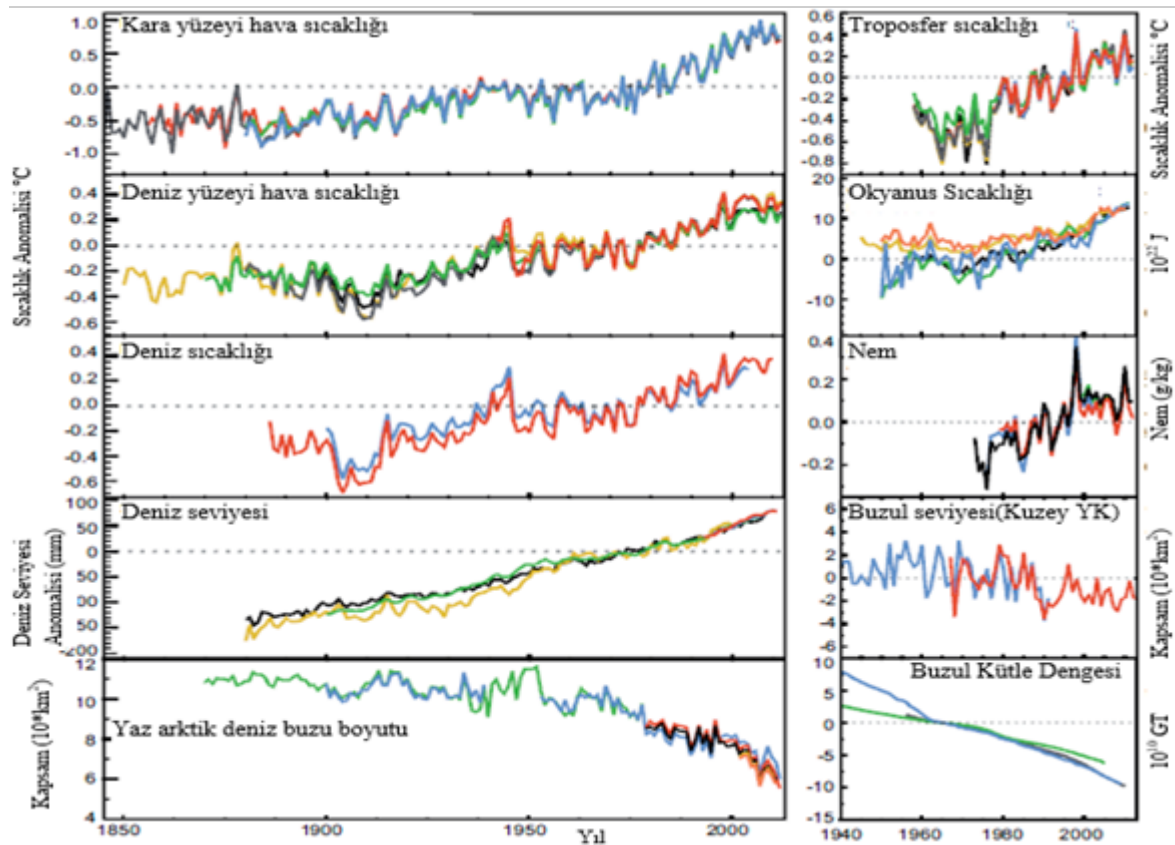
<sup>2</sup>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. ABD, Nevşehir, Türkiye, oguzhanugur33@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3590-681X> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4056-2190>

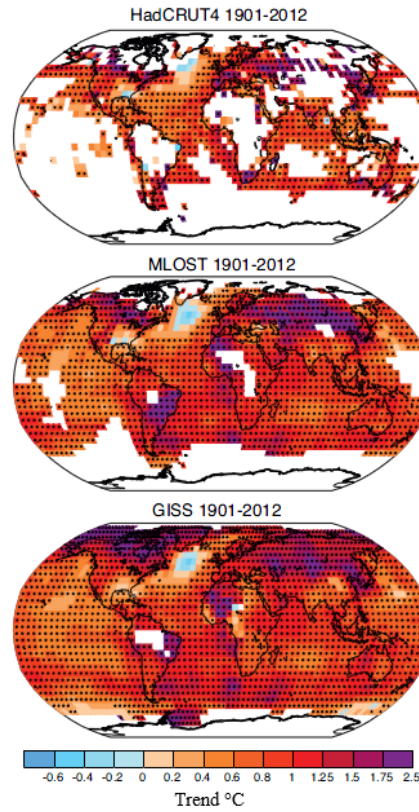
## 1. Giriş

Hızla artan nüfus; arazi kullanımı, ulusal gelirler ve kalkınma oranlarına göre bölgeden bölgeye değişecek olan enerji, tatlı su, yiyecek ve konut talepleri üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Birçok durumda, etkiler en çok stres altındaki bölgelerde, özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, ciddi bir şekilde hissedilmektedir. Sürekli ve kontrolsüz emisyonlar nedeniyle insan kaynaklı iklim değişikliği bu etkileri vurgulamaktadır. Sera gazlarının atmosferik konsantrasyonlarındaki artışlar, bu yüzyılın sonunda karşılaşacağımız iklimde geri dönüşü olmayan bir değişime yol açabilir (IPCC, 1990).

Bilim topluluğunda, mevcut oranlarda atmosfere CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazlarının(metan, azot oksit, ozon ve kloroflorokarbonlar veya CFC'ler) emisyonunun devam etmesinin dünyanın ısınmasına yol açacağı konusunda fikir birliği vardır (Kreith ve Berger 1999). IPCC'in 2013 yılında yayınladığı rapora göre, küresel ortalama yüzey sıcaklığı 19. yüzyılın sonlarından bu yana artmaktadır (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Değişen küresel iklimin çoklu tamamlayıcı göstergeleri (Change Ipoc, 2007)



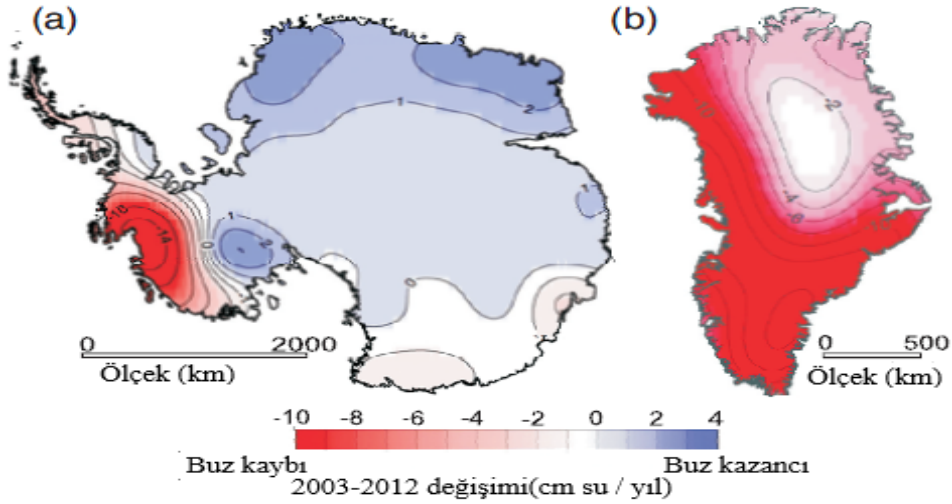
**Şekil 2.** 1901-2012 yılları arasında yüzey sıcaklık değişimi (IPCC, 2013)

Küresel iklim değişikliği şimdiden dünyanın her bölgesinde ve ekonominin gelecek yıllarda büyümesi beklenen çoğu sektöründe çok çeşitli etkilere yol açmıştır (URL-1). İklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi, yalnızca sanayinin hedefleri karşılaması ya da bu hedeflerin ötesine geçmesiyle ilgili değildir. Ulusal, yerel ve bireysel düzeyde de yapılması ve gelecek kuşaklara aktarılması gereken sorumluluklarımız olduğu bir gerçektir. Özellikle kentsel yaşamın konforunu sürdüren insanlar, emisyonları azaltmak için harekete geçmelidir. Şehirler, iklim değişikliğine uyum sağlarken bilgi eksikliği başta olmak üzere birçok zorlukla karşılaşmaktadır. Çoğu şehir yönetimi, şehirlerinin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğini öngörememektedir. İklim değişikliğine hazırlanmak için harekete geçmek isteyen bu şehirler, genellikle nelerin yapılması gerektiğini veya nasıl organize olmak gerektiğini bilmemektedir (Change IPoC, 2007; IPCC, 2013; Mach ve ark., 2016; Cabre ve ark., 2015).

Sera etkisi insanlara ve diğer canlılara yarar sağlayan bir olgu olmasına rağmen sera etkisinin çeşitli nedenlerle artmaya başlaması, özellikle Antarktika başta olmak üzere buzullar üzerindeki etkisi endişe vericidir (Şekil 3). Sera gazları içinde oran olarak en büyüğü su buharıdır ve karbondioksitten çok daha fazla ısı tutma özelliğine sahiptir. Fakat su buharının atmosfer içindeki değişimleri insan faaliyetlerine bağlı değildir (Mercan ve Karakaya, 2013).

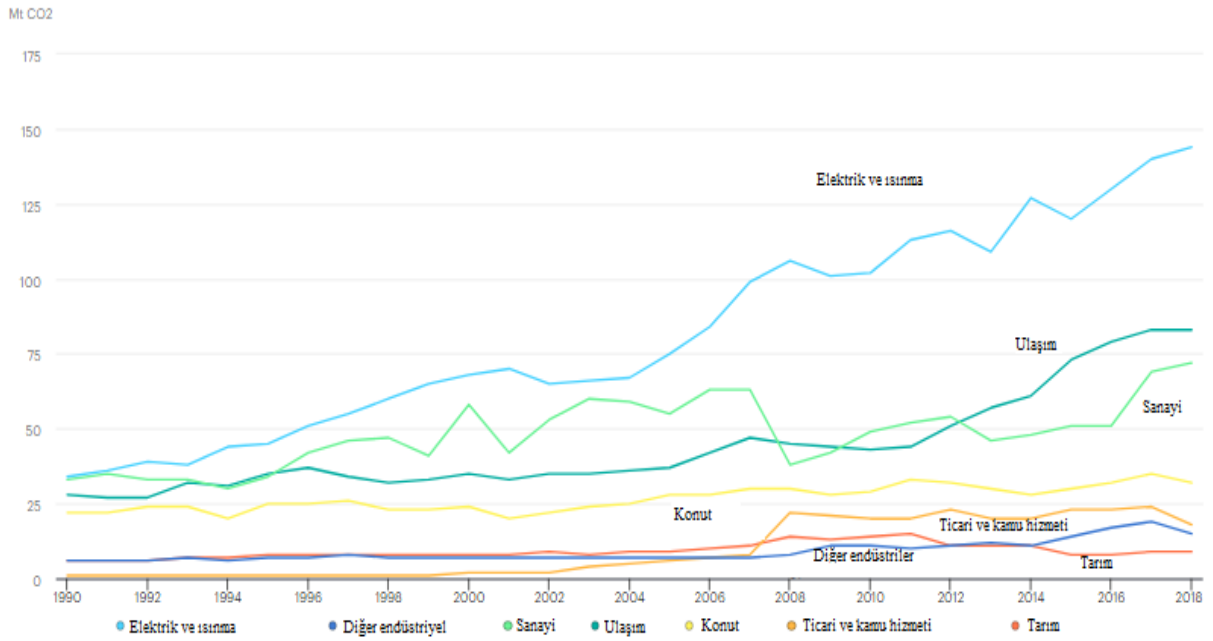
Meteorolojik değişimler kent merkezlerinde etkisini aşırı kuraklık ya da sel gibi dramatik biçimlerde doğrudan gösterirken, yerleşim yerlerine uzak noktalarda da dolaylı olarak uzun süreli

değişimlere sebep olabilmektedir. Örneğin toprak ve bitki örtüsünün yapısını değiştirmesi, hayvan popülasyonlarının azalması veya artması, göç yollarının değişmesi vb. yanı sıra sucul ekosistemlerde de kalıcı kalite değişikliklerin olduğu araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Cüce ve ark., 2020). Bilim insanları iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini ortaya koyarak, kaynak kullanım verimliliği üzerine ar-ge çalışmaları ve sürdürülebilir uygulamalar konusunda farklı teknikleri değerlendirmişlerdir (Geçer ve ark., 2019; Dulkadiroğlu, 2018).



Şekil 3. 2003-2012 yıllarına göre buzul değişimi a: Antartika b: Greenland (IPCC, 2013)

Fosil yakıtların yanması, sera gazı emisyonlarının atmosfere salınmasına katkıda bulunan ana nedenlerden biridir. Fosil yakıtlar aynı zamanda ev, ofis, fabrika ve arabalarda enerji ihtiyacımızı karşılayan, küresel enerji sisteminin ana bileşenlerinden biridir. Fosil yakıtlardan sürdürülebilir, yenilenebilir alternatiflere geçiş kolay olmamakta, tüm enerji sisteminde üretim ve depolamadan dağıtım ve nihai tüketime kadar değişiklik yapılmasını gerektirmektedir (Council, 2009).

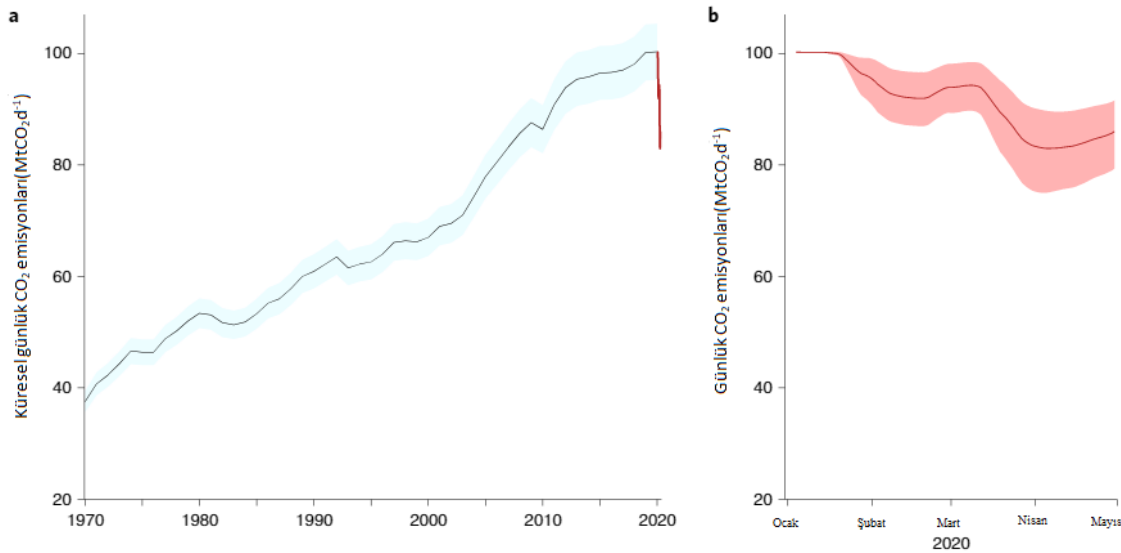


Şekil 4. Türkiye’de sektöre göre CO<sub>2</sub> emisyonları 1990-2018 (URL-2)

Şekil 4’de Türkiye’de ulaşım sektörünün CO<sub>2</sub> emisyonlarının elektrik ve ısınmadan sonra 2. sırada yer aldığı görülmektedir. Karayolu ulaşımı ise ulaşım sektörünün içinde önemli bir yer almaktadır. Türkiye’de ulaştırma emisyonlarının başlıca kaynağı karayolu taşımacılığıdır. Taşıma emisyonlarının% 93,0’ını oluşturmaktadır (Canitez 2019; Beken ve ark., 2009). Karayollarını kullanan motorlu taşıtlar, gaz veya partikül halinde bir çok kirleticiyi atmosfere salarlar. Bu emisyonların karayollarına yakın bölgelerde yer alan toprak ve su yapılarını etkilediği birçok çalışmanın araştırma konusu olmuştur (Demirel ve Ateş, 2018; Kalıpcı ve Başer, 2019). Bu nedenle çevre kalitesinin bozulmasına yol açan ve hava kalitesini ne ölçüde değiştirdiğini görebilmek için bu emisyonların miktarlarını belirlemek envanterini çıkarmak oldukça önemlidir.

Şekil 5 (a)’da siyah çizgi 1970–2019 dönemindeki yıllık ortalama günlük emisyonları, kırmızı çizgi ise Nisan 2020 sonuna kadar tahmin edilen günlük emisyonları göstermektedir. Şekil 5. (b)’de ise 2020 yılında gerçekleşmesi beklenen günlük emisyon miktarları görülmektedir.





Şekil 5. Küresel günlük fosil kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları (Le Quéré ve ark., 2020)

Ülkeler, sera gazı emisyonunu ve olumsuz etkilerini azaltmak, küresel iklim değişikliğine uyum sağlamak amacıyla protokoller ve anlaşmalar yapmışlardır. Bunlardan en önemli olanları Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Paris Anlaşması'dır. Bu protokol ve anlaşmalar ülkelere yükümlülükler getirmekte ve somut adımlar atmalarını sağlamaktadır. Bu somut adımların başında sera gazı emisyon envanteri oluşturmak gelmektedir.

Son bir yıldır Dünya'nın tüm ülkelerinde insan sağlığı ve düzenli yaşamı tehdit eden en büyük tehlike, Corona Virüs Hastalığına neden olan virüs (COVID-19) salgınıdır. COVID-19 virüsü ile enfekte olan çoğu insan genellikle hafif ya da orta derecede solunum yolu hastalığı yaşar ve çok gelişmiş özel bir tedavi gerektirmeden iyileşmektedir. Yaşlı insanlar ve kardiyovasküler hastalık, diyabet, kronik solunum hastalığı ve kanser gibi tıbbi sorunları olan orta yaşlı insanlarda ciddi hastalık geliştirme ve ölüm olasılığı daha yüksektir (Mitra ve ark., 2020).

Ülkemizde ilk COVID-19 vakası 11 Mart 2020'de doğrulanmıştır. Eğitim başta olmak üzere birçok alanda önlemler alınmaya başlanmıştır. Uzaktan çalışma teşvik edilmiş ve ekonomik ve sağlık alanında olası şoklara karşı tedbirler genişletilmiştir. Kalabalık ortam ve teması minimuma indirmek için sokağa çıkma kısıtlaması uygulaması, maske takma zorunluluğu gibi toplumun rutin alışkanlıklarının değişmesine yol açan yeni bir döneme geçilmiştir (Ali ve ark., 2020).

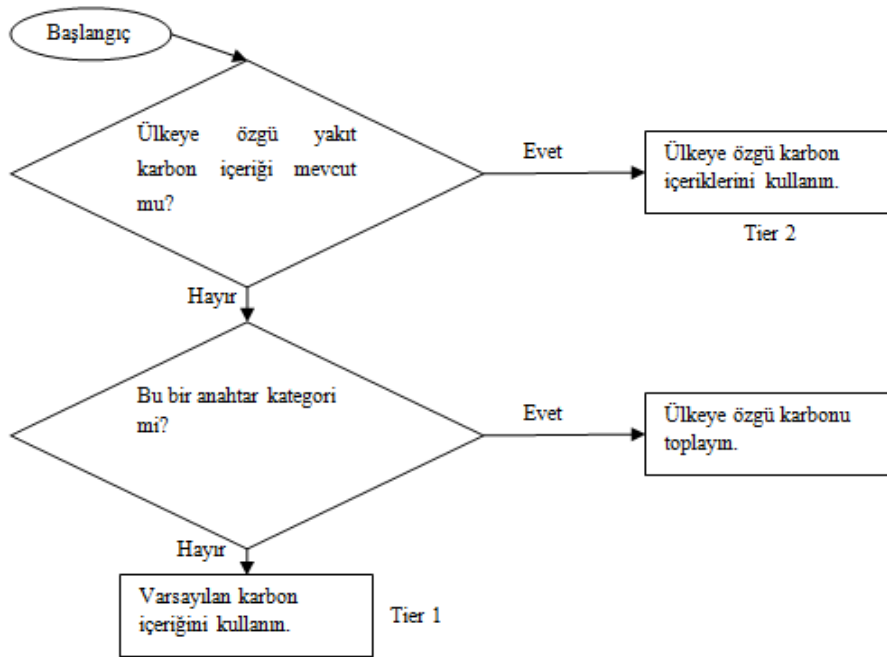
Covid-19 pandemi süreci başlarında özellikle Çin gibi kirletici sanayinin yoğun olduğu ülkelerde sanayi alanlarının birkaç ay üretimlerini durdurması bu ülkelerde karbon emisyonunun azalması sonucu meteorolojik bulgularla hava kalitesinin artmasına ilişkin veriler ortaya koymuştur (Sancar ve Bostancı, 2020).

Bu çalışmada sera gazı emisyon envanterine katkı sağlamak ve daha sonra yapılacak olan çalışmalara farkındalık yaratmak amacıyla Nevşehir İli'nde karayolu ulaşımından kaynaklanan sera

gazı emisyonlarının Covid-19 salgını başlangıç döneminde yönelimini belirlemek ve olağan tedbirlerin emisyon miktarlarının değişimine etkisini değerlendirmek üzere tipik karbon ayak izi çalışması yapılmıştır. Değerlendirme yapılırken ‘Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’ tarafından belirlenen yöntem ve esaslardan yararlanılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Emisyonlar, tüketilen yakıttan (satılan yakıtla temsil edilir) veya araçların kat ettiği mesafeden tahmin edilebilir. Genel olarak, ilk yaklaşım (satılan yakıt) CO<sub>2</sub> için uygundur ve ikincisi (araç türüne ve yol türüne göre kat edilen mesafe) CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O için uygundur. CO<sub>2</sub> emisyonlarını yakılan yakıtın miktarı ve türü ile karbon içeriğine göre hesaplamak en iyi yöntemdir (Change IPoC, 2006). Karayolu taşımacılığında kaynaklanan emisyonları hesaplamada kullanılan Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olmak üzere 3 farklı yaklaşım vardır. Tier 1 yaklaşımı Tier 2 ve Tier 3’e göre daha az detaylıdır (Şekil 6).



Şekil 6. Karayolu taşımacılığı kaynaklı emisyonları tahmin etme adımları (Change, IPoC, 2006)

Nevşehir İli'nde 2015-2020 yılları arasındaki trafik kaynaklı hava kirliliğini değerlendirmek amacıyla yürütülen bu çalışmada, Covid-19 salgını nedeniyle Türkiye'de alınmaya başlanan tedbirlere esas oluşturması düşüncesiyle, Mart-Ekim dönemi baz alınmıştır. Karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun değerlendirilmesinde IPCC metodolojisi olan Tier 1 yöntemi kullanılmıştır. Tier 1 yönteminin ihtiyaç duyduğu 2015-2020 Mart-Ekim döneminde Nevşehir İli karayolu taşıtlarının akaryakıt tüketim miktarları kullanılmıştır. Nevşehir İli 2015-2020 Mart-Ekim

dönemine ait yakıt tüketim miktarları Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan temin edilmiştir. Tier 1 yöntemi diğer yöntemlere göre daha az karmaşık olduğu için seçilmiştir.

Tier 1 için CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon hesaplama formülü (Denklem 1);

$$Emisyon = \sum [Yakıt_a \times EF_a] \quad (1)$$

Burada; Emisyon: CO<sub>2</sub> emisyon miktarını (kg), Yakıt: Enerji değeri cinsinden yakıt tüketimini (Tj), EF: Emisyon faktörünü, a: Yakıt tipini temsil etmektedir.

IPCC metodolojisine göre yakıt tüketimi Denklem (2) ve Denklem (3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Birincil Yakıt Tüketimi = P_r + I_m - S_c - I_b - E_x \quad (2)$$

$$İkincil Yakıt Tüketimi = I_m - S_c - I_b - E_x \quad (3)$$

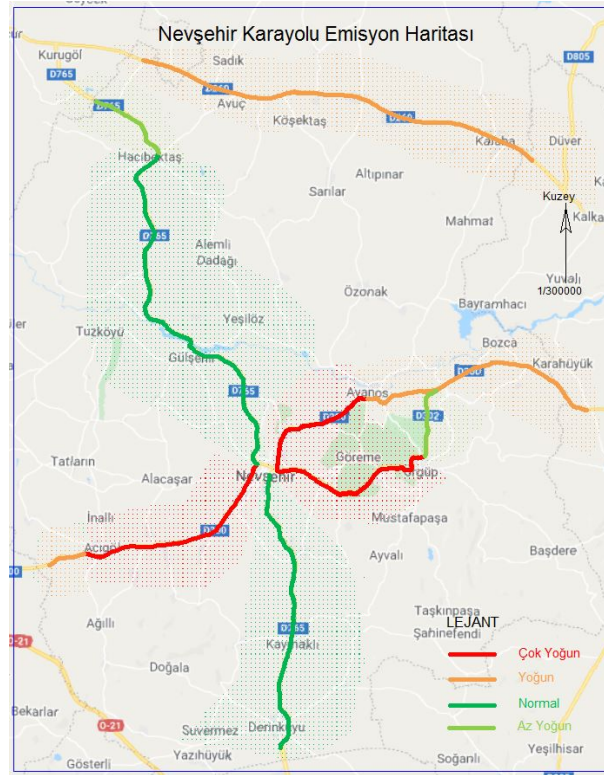
Burada; Pr: Üretilen yakıt miktarı, Im: İthal edilen yakıt miktarı, Sc: Stoklarda meydana gelen değişim miktarı, Ib: Uluslararası kullanıma satılan yakıt miktarı, Ex: İhraç edilen yakıt miktarlarını gösterir (Change IPoC, 2006).

Her bir yakıt türü için karayolu ulaşımında kullanılan tüketim değerleri (ton) belirlendikten sonra, IPCC Kılavuzundan alınan değerler (TJ/kt cinsinden) ve uygun olan dönüşüm faktörleri (Denklem 4) kullanılarak TJ/Gg değerlerine dönüştürülmüştür.

$$Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] \times 10^{-3} \times Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg] \quad (4)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

Nevşehir İl geneli yıllık ortalama günlük trafik değerleri (YOGT) Karayolları 6. Bölge Müdürlüğü veri tabanından (URL-3) elde edilmiştir. Araç hacim bilgilerine dayanılarak oluşturulan emisyon haritasında (Şekil 7) araçların akaryakıt türleri eşit kabul edilmiştir. Haritada araç hacim lejantı çok yoğun, yoğun, normal ve az yoğun şeklinde değerlendirilmiştir. Araç hacminin çok yoğun olduğu bölgelerde araç sayısı 10000-19999, yoğun olan bölgelerde araç sayısı 6000-9999, normal olan bölgelerde araç sayısı 3000-5999 ve az yoğun olan bölgelerde araç sayısı 0-2999'dır.



**Şekil 7.** Nevşehir karayolu araç yoğunluğuna bağlı emisyon haritası (Karayolları 6. Bölge Müdürlüğü 2019 yılı verilerinden oluşturulmuştur.)

Nevşehir İli'nde 2015-2020 yıllarında Mart ve Ekim aylarını kapsayan dönemler arasında tüketilen benzin, motorin ve LPG yakıtları sonucunda açığa çıkan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O miktarları gigagram cinsinden hesaplanmıştır. Eşdeğer karbondioksit değeri, küresel ısınma potansiyel katsayıları yardımıyla hesaplanmış, metan ve diazotmonoksit gazlarının miktarları karbondioksit eşdeğer cinsinden yazılması sağlanmıştır. Çalışma kapsamında son 5 yıl boyunca oluşan emisyon miktarlarının tüm hesaplamaları Tablo 1-6'da verilmiştir.

**Tablo 1.** 2015 yılı Mart-Ekim döneminde emisyon hesap tablosu

| 2015 Yılı Mart-Ekim Emisyon Hesap Tablosu                        |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            |  |
|--|--------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|------------------------|--|----------------------------|--|
| CO <sub>2</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)<br>G=E×F×10 <sup>-3</sup> | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 4756               | 44,3                    | 210,7  | 18,9                    | 18,9   | 0,99                   | 14,5   | 1                          | 14,5   |
| Motorin  | 61184              | 43,0                    | 2630,7   | 20,9                    | 20,9   | 0,99                   | 199,6  | 1                          | 199,6  |
| LPG  | 12429              | 47,3                    | 587,9  | 17,2                    | 17,2   | 0,995                  | 36,9   | 1                          | 36,9   |
| Toplam CO <sub>2</sub>   |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | 250,9  |
| CH <sub>4</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 4756               | 44,3                    | 210,7  | 33                      | 0,007  | -                      | 0,007  | 21                         | 0,15   |
| Motorin  | 61184              | 43,0                    | 2630,7   | 3,9                     | 0,010  | -                      | 0,010  | 21                         | 0,22   |
| LPG  | 12429              | 47,3                    | 587,9  | 62                      | 0,036  | -                      | 0,036  | 21                         | 0,77   |
| Toplam CH <sub>4</sub>   |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | 1,1  |
| N <sub>2</sub> O Emisyonu  | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 4756               | 44,3                    | 210,7  | 3,2                     | 0,0007   | -                      | 0,0007   | 310                        | 0,21   |
| Motorin  | 61184              | 43,0                    | 2630,7   | 3,9                     | 0,0103   | -                      | 0,0103   | 310                        | 3,18   |
| LPG  | 12429              | 47,3                    | 587,9  | 0,2                     | 0,0001   | -                      | 0,0001   | 310                        | 0,04   |
| Toplam N <sub>2</sub> O  |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | 3,4  |
| <b>Toplam Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu(Gg CO<sub>2</sub>)</b> |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | <b>255,5</b>   |

**Tablo 2.** 2016 yılı Mart-Ekim döneminde emisyon hesap tablosu

| 2016 Yılı Mart-Ekim Emisyon Hesap Tablosu                        |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            |  |
|--|--------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|------------------------|--|----------------------------|--|
| CO <sub>2</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)<br>G=E×F×10 <sup>-3</sup> | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5101               | 44,3                    | 226,0  | 18,9                    | 4,3  | 0,99                   | 15,5   | 1                          | 15,5   |
| Motorin  | 78815              | 43,0                    | 3389,0   | 20,9                    | 70,8   | 0,99                   | 257,1  | 1                          | 257,1  |
| LPG  | 13446              | 47,3                    | 636,0  | 17,2                    | 10,9   | 0,995                  | 39,9   | 1                          | 39,9   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam CO <sub>2</sub>     | 312,5  |
| CH <sub>4</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5101               | 44,3                    | 226,0  | 33                      | 0,007  | -                      | 0,007  | 21                         | 0,16   |
| Motorin  | 78815              | 43,0                    | 3389,0   | 3,9                     | 0,013  | -                      | 0,013  | 21                         | 0,28   |
| LPG  | 13446              | 47,3                    | 636,0  | 62                      | 0,039  | -                      | 0,039  | 21                         | 0,83   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam CH <sub>4</sub>     | 1,3  |
| N <sub>2</sub> O Emisyonu  | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5101               | 44,3                    | 226,0  | 3,2                     | 0,0007   | -                      | 0,0007   | 310                        | 0,22   |
| Motorin  | 78815              | 43,0                    | 3389,0   | 3,9                     | 0,0132   | -                      | 0,0132   | 310                        | 4,10   |
| LPG  | 13446              | 47,3                    | 636,0  | 0,2                     | 0,0001   | -                      | 0,0001   | 310                        | 0,04   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam N <sub>2</sub> O    | 3,4  |
| <b>Toplam Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu(Gg CO<sub>2</sub>)</b> |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | <b>318,2</b>   |

**Tablo 3.** 2017 yılı Mart-Ekim döneminde emisyon hesap tablosu

| 2017 Yılı Mart-Ekim Emisyon Hesap Tablosu                        |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            |  |
|--|--------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|------------------------|--|----------------------------|--|
| CO <sub>2</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)<br>G=E×F×10 <sup>-3</sup> | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5417               | 44,3                    | 240,0  | 18,9                    | 4,5  | 0,99                   | 16,5   | 1                          | 16,5   |
| Motorin  | 119305             | 43,0                    | 5130,1   | 20,9                    | 107,2  | 0,99                   | 389,2  | 1                          | 389,2  |
| LPG  | 13498              | 47,3                    | 638,5  | 17,2                    | 11,0   | 0,995                  | 40,1   | 1                          | 40,1   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam CO <sub>2</sub>     | 445,7  |
| CH <sub>4</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5417               | 44,3                    | 240,0  | 33                      | 0,008  | -                      | 0,008  | 21                         | 0,17   |
| Motorin  | 119305             | 43,0                    | 5130,1   | 3,9                     | 0,020  | -                      | 0,020  | 21                         | 0,42   |
| LPG  | 13498              | 47,3                    | 638,5  | 62                      | 0,040  | -                      | 0,040  | 21                         | 0,83   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam CH <sub>4</sub>     | 1,4  |
| N <sub>2</sub> O Emisyonu  | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5417               | 44,3                    | 240,0  | 3,2                     | 0,0008   | -                      | 0,0008   | 310                        | 0,24   |
| Motorin  | 119305             | 43,0                    | 5130,1   | 3,9                     | 0,0200   | -                      | 0,0200   | 310                        | 6,20   |
| LPG  | 13498              | 47,3                    | 638,5  | 0,2                     | 0,0001   | -                      | 0,0001   | 310                        | 0,04   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam N <sub>2</sub> O    | 6,5  |
| <b>Toplam Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu(Gg CO<sub>2</sub>)</b> |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | <b>453,6</b>   |

**Tablo 4.** 2018 yılı Mart-Ekim döneminde emisyon hesap tablosu

| 2018 Yılı Mart-Ekim Emisyon Hesap Tablosu                        |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            |  |
|--|--------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|------------------------|--|----------------------------|--|
| CO <sub>2</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)<br>G=E×F×10 <sup>-3</sup> | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5580               | 44,3                    | 247,2  | 18,9                    | 4,7  | 0,99                   | 17,0   | 1                          | 17,0   |
| Motorin  | 154900             | 43,0                    | 6660,7   | 20,9                    | 139,2  | 0,99                   | 505,3  | 1                          | 505,3  |
| LPG  | 13601              | 47,3                    | 643,3  | 17,2                    | 11,1   | 0,995                  | 40,4   | 1                          | 40,4   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam CO <sub>2</sub>     | 562,7  |
| CH <sub>4</sub> Emisyonu   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5580               | 44,3                    | 247,2  | 33                      | 0,008  | -                      | 0,008  | 21                         | 0,17   |
| Motorin  | 154900             | 43,0                    | 6660,7   | 3,9                     | 0,026  | -                      | 0,026  | 21                         | 0,55   |
| LPG  | 13601              | 47,3                    | 643,3  | 62                      | 0,040  | -                      | 0,040  | 21                         | 0,84   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam CH <sub>4</sub>     | 1,6  |
| N <sub>2</sub> O Emisyonu  | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>C=A×B×10 <sup>-3</sup> | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>E=C×D×10 <sup>-3</sup> | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                           | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>I=G×H |
| Benzin   | 5580               | 44,3                    | 247,2  | 3,2                     | 0,0008   | -                      | 0,0008   | 310                        | 0,25   |
| Motorin  | 154900             | 43,0                    | 6660,7   | 3,9                     | 0,0260   | -                      | 0,0260   | 310                        | 8,05   |
| LPG  | 13601              | 47,3                    | 643,3  | 0,2                     | 0,0001   | -                      | 0,0001   | 310                        | 0,04   |
|  |                    |                         |  |                         |  |                        |  | Toplam N <sub>2</sub> O    | 8,3  |
| <b>Toplam Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu(Gg CO<sub>2</sub>)</b> |                    |                         |  |                         |  |                        |  |                            | <b>572,5</b>   |

**Tablo 5.** 2019 yılı Mart-Ekim döneminde emisyon hesap tablosu

| 2019 Yılı Mart-Ekim Emisyon Hesap Tablosu                        |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            |   |
|--|--------------------|-------------------------|---|-------------------------|---|------------------------|---|----------------------------|---|
| <b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>                                   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>$C=A \times B \times 10^{-3}$ | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>$E=C \times D \times 10^{-3}$ | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)<br>$G=E \times F \times 10^{-3}$ | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>$I=G \times H$ |
| Benzin   | 6177               | 44,3                    | 273,6   | 18,9                    | 5,2   | 0,99                   | 18,8  | 1                          | 18,8  |
| Motorin  | 85628              | 43,0                    | 3682,0  | 20,9                    | 77,0  | 0,99                   | 279,3   | 1                          | 279,3   |
| LPG  | 14246              | 47,3                    | 673,8   | 17,2                    | 11,6  | 0,995                  | 42,3  | 1                          | 42,3  |
| Toplam CO <sub>2</sub>   |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | 340,4   |
| <b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>                                   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>$C=A \times B \times 10^{-3}$ | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>$E=C \times D \times 10^{-3}$ | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                                  | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>$I=G \times H$ |
| Benzin   | 6177               | 44,3                    | 273,6   | 33                      | 0,009   | -                      | 0,009   | 21                         | 0,19  |
| Motorin  | 85628              | 43,0                    | 3682,0  | 3,9                     | 0,014   | -                      | 0,014   | 21                         | 0,30  |
| LPG  | 14246              | 47,3                    | 673,8   | 62                      | 0,042   | -                      | 0,042   | 21                         | 0,88  |
| Toplam CH <sub>4</sub>   |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | 1,4   |
| <b>N<sub>2</sub>O Emisyonu</b>                                   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>$C=A \times B \times 10^{-3}$ | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>$E=C \times D \times 10^{-3}$ | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                                  | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>$I=G \times H$ |
| Benzin   | 6177               | 44,3                    | 273,6   | 3,2                     | 0,0009  | -                      | 0,0009  | 310                        | 0,27  |
| Motorin  | 85628              | 43,0                    | 3682,0  | 3,9                     | 0,0144  | -                      | 0,0144  | 310                        | 4,45  |
| LPG  | 14246              | 47,3                    | 673,8   | 0,2                     | 0,0001  | -                      | 0,0001  | 310                        | 0,04  |
| Toplam N <sub>2</sub> O  |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | 4,8   |
| <b>Toplam Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu(Gg CO<sub>2</sub>)</b> |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | <b>346,5</b>  |

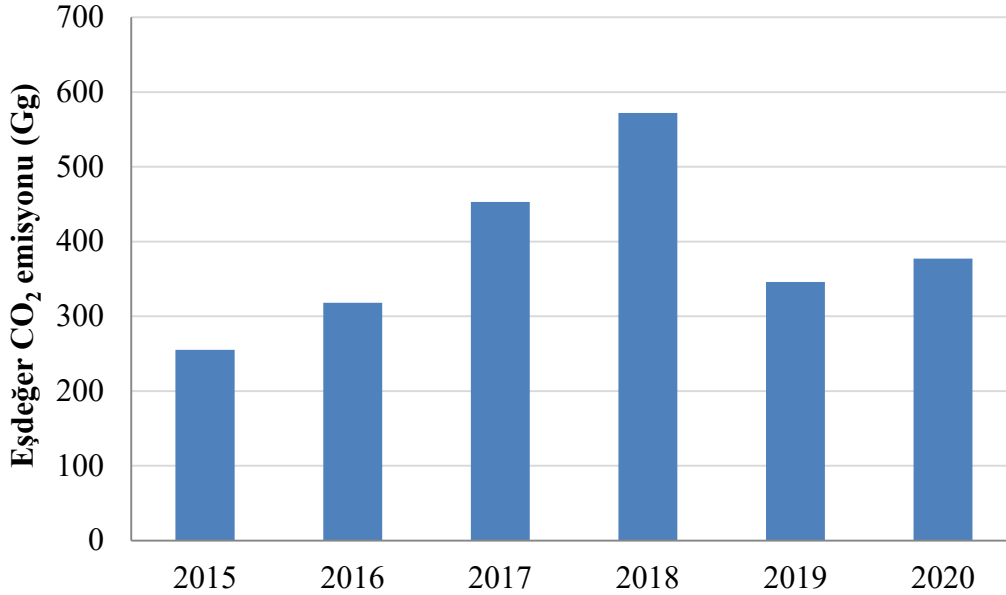
**Tablo 6.** 2020 yılı Mart-Ekim döneminde emisyon hesap tablosu

| 2020 Yılı Mart-Ekim Emisyon Hesap Tablosu                        |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            |   |
|--|--------------------|-------------------------|---|-------------------------|---|------------------------|---|----------------------------|---|
| <b>CO<sub>2</sub> Emisyonu</b>                                   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>$C=A \times B \times 10^{-3}$ | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>$E=C \times D \times 10^{-3}$ | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)<br>$G=E \times F \times 10^{-3}$ | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>$I=G \times H$ |
| Benzin   | 5774               | 44,3                    | 255,8   | 18,9                    | 4,8   | 0,99                   | 17,5  | 1                          | 17,5  |
| Motorin  | 96976              | 43,0                    | 4170,0  | 20,9                    | 87,2  | 0,99                   | 316,4   | 1                          | 316,4   |
| LPG  | 12303              | 47,3                    | 581,9   | 17,2                    | 10,0  | 0,995                  | 36,5  | 1                          | 36,5  |
| Toplam CO <sub>2</sub>   |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | 370,4   |
| <b>CH<sub>4</sub> Emisyonu</b>                                   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>$C=A \times B \times 10^{-3}$ | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>$E=C \times D \times 10^{-3}$ | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                                  | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>$I=G \times H$ |
| Benzin   | 5774               | 44,3                    | 255,8   | 33                      | 0,008   | -                      | 0,008   | 21                         | 0,18  |
| Motorin  | 96976              | 43,0                    | 4170,0  | 3,9                     | 0,016   | -                      | 0,016   | 21                         | 0,34  |
| LPG  | 12303              | 47,3                    | 581,9   | 62                      | 0,036   | -                      | 0,036   | 21                         | 0,76  |
| Toplam CH <sub>4</sub>   |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | 1,3   |
| <b>N<sub>2</sub>O Emisyonu</b>                                   | Yakıt Tüketimi (t) | Değişim Faktörü (TJ/Gg) | Enerji Tüketimi (TJ)<br>$C=A \times B \times 10^{-3}$ | Emisyon Faktörü (tC/TJ) | Emisyon İçeriği (Gg)<br>$E=C \times D \times 10^{-3}$ | Oksitlenme Yüzdesi (%) | Emisyon Miktarı (Gg)                                  | Küresel Isınma Potansiyeli | Eşdeğer CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> )<br>$I=G \times H$ |
| Benzin   | 5774               | 44,3                    | 255,8   | 3,2                     | 0,0008  | -                      | 0,0008  | 310                        | 0,25  |
| Motorin  | 96976              | 43,0                    | 4170,0  | 3,9                     | 0,0163  | -                      | 0,0163  | 310                        | 5,04  |
| LPG  | 12303              | 47,3                    | 581,9   | 0,2                     | 0,0001  | -                      | 0,0001  | 310                        | 0,04  |
| Toplam N <sub>2</sub> O  |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | 5,3   |
| <b>Toplam Eşdeğer CO<sub>2</sub> Emisyonu(Gg CO<sub>2</sub>)</b> |                    |                         |   |                         |   |                        |   |                            | <b>377,0</b>  |

Mart-Ekim ayları boyunca eşdeğer CO<sub>2</sub> miktarı 2020 yılında 377,0 Gg, 2019 yılında 346,5 Gg, 2018 yılında 572,5 Gg, 2017 yılında 453,6 Gg, 2016 yılında 318,2 Gg, 2015 yılında 255,5 Gg'dır. Eşdeğer CO<sub>2</sub> miktarı 2015-2018 yılları arası yükselen bir eğilimde seyrederken 2019'da azalma göstermiştir. 2020 yılında eşdeğer CO<sub>2</sub> miktarı ise 2019'dan 31,5 Gg CO<sub>2</sub> farkla yeniden artış göstermektedir (Şekil 8).

2020 yılında Covid-19 salgını sebebiyle tüm ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bazı tedbirler alınmıştır. Bu tedbirler insan hareketliliğini azaltma dolayısıyla bulaşma riskini minimuma indirme amacıyla alınmıştır. Bu nedenle ulaşım faaliyeti diğer hayati faaliyetler gibi bu tedbirlerden etkilenmiştir. İnsan hareketliliği azaldığından araç kullanımı dolayısıyla akaryakıt tüketimi

azalmıştır. Akaryakıt tüketiminin azalması Şekil 8’de görüldüğü üzere 2020 Mart-Ekim arasında eşdeğer CO<sub>2</sub> emisyonununun 2015’ten bu yana aynı aylarda oluşan eşdeğer CO<sub>2</sub> emisyonlarının ortalaması alındığında ortalamadan daha düşük olduğu görülecektir. 2019 yılı Mart-Ekim aylarında (bu aylar ticaretin ve hareketliliğin en çok olduğu aylardır) geçmiş diğer yıllardaki CO<sub>2</sub> emisyon trendini bozduğu yine Şekil 8’de görmek mümkündür.

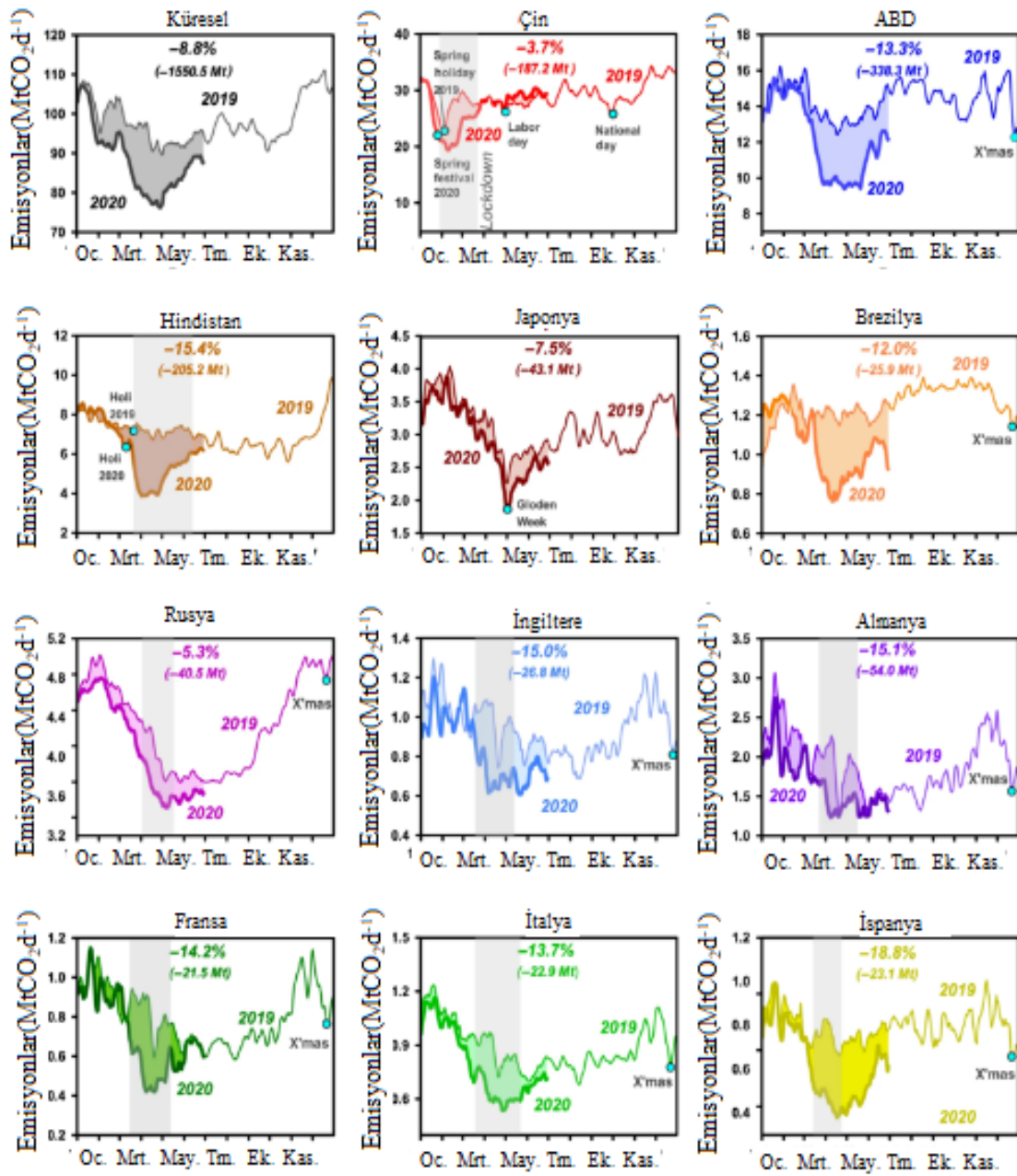


Şekil 8. Mart-Ekim döneminde yıllara göre eşdeğer CO<sub>2</sub> (Gg) emisyon değerleri

Şekil 9’da Covid-19 salgınının küresel olarak ve 11 ülkenin her birinde günlük CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkileri, 1 Ocak ile 30 Haziran 2019 ve 2020 arasındaki gölgeli farklarla yansıtılmaktadır. 2020'nin ilk altı ayında, en belirgin düşüş ABD’de (-338,3 Mt CO<sub>2</sub>, -% 13,3), ardından EU27 ve Birleşik Krallık (-205,7 Mt CO<sub>2</sub>, -% 12,7), Hindistan (-205,2 Mt CO<sub>2</sub>, - % 15,4) ve Çin (-187,2 Mt CO<sub>2</sub>, -% 3,7), Japonya (-43,1 Mt CO<sub>2</sub>, -% 7,5), Rusya (-40,5 Mt CO<sub>2</sub>, -% 5,3) ve Brezilya’da (-25,9 Mt CO<sub>2</sub>, -% 12,0) kademeli şekilde yaşanmıştır. Çin emisyonlarının ani, büyük ve erken düşüşü, pandeminin ilk vakalarının ortaya çıkması ve ülkenin Mart ayında kademeli olarak gevşetilen katı kilitleme önlemlerine karşılık gelmektedir. Ancak Çin’in CO<sub>2</sub> emisyonları daha sonra hızla geri kazanılmıştır. CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki azalmanın başlıca nedeni kara taşımacılığı sektörü (-% 18,6) ve yurtiçi (-% 35,8) ve uluslararası havacılıktır (-% 52,4) (Liu ve ark., 2020).

Covid-19 pandemi döneminde hava kalitesi değişimini ölçmek amacıyla 2020 yılında yapılan bir çalışmada, Hindistan’ın Kalküta şehri 12 bölgeye ayrılmış ve bu bölgelerde atmosferik CO<sub>2</sub> emisyon takibi yapılmıştır. 2020 CO<sub>2</sub> konsantrasyon verileri ile 2019 CO<sub>2</sub> konsantrasyon verilerinin karşılaştırılması sonucunda 2020 CO<sub>2</sub> emisyonlarının 2019 yılına oranla ciddi düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Sealdah bölgesinde % 45,37’lere varan düşüş yaşanırken ve Kalküta’da ortalama %39 azalma olduğu gözlenmiştir. Bu CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki düşüşlerin sebebi olarak pandemi

döneminde ulaşım yoğunluğunun azalması, endüstri ve turizmin sektörlerinin yavaşlaması ve faaliyetlerinin durma noktasına gelmesi gösterilmekte olup dolayısıyla fosil yakıt tüketiminin büyük ölçüde azalmasına bağlanmıştır (Mitra ve ark., 2020).



Şekil 9. Ülkelerin Günlük CO<sub>2</sub> emisyonları (2019-2020 karşılaştırmalı) (Liu ve ark., 2020)

Saadat ve arkadaşlarının 2020 yılında yayınlanan araştırmasında; Korona virüsün yayılmasını kısıtlamak için alınan önlemler nedeniyle New York'taki hava kirliliği seviyelerinin 2019 yılının 2020 yılına kıyasla neredeyse % 50 düştüğü belirtilmiştir. Çin'de 2019'un son üç ayından bu yana büyük elektrik santrallerinde kömür kullanımı % 40 oranında azaltıldığından hava kirliliği emisyon verilerinin 2020 yılının başlangıcında % 25'lik bir düşüş olduğundan bahsetmektedir (Saadat ve ark., 2020).



Lau ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada da Korona virüsün çevre üzerindeki diğer etkilerinden biri de kömür tüketimindeki gözle görülür düşüş olduğundan bahsetmektedir. Bu olayın Çin'deki hava kirleticilerinde büyük ölçekli bir düşüşe katkıda bulunduğunu, CO<sub>2</sub>, CO ve azot oksitler gibi havadaki kirletici maddelerin sayısı da azaldığını savunmaktadır (Lau ve ark., 2020).

McCloskey ve Heymann'ın (2020) yaptığı çalışmada hava kirliliği emisyonlarındaki bu düşüşün ne kadar süreceğinin belli olmadığı ve sonunda karbonu emisyonu ve kirletici emisyonları geri döndüğünde, sanki ara dönem (Pandemi dönemi) hiç yaşanmamış ve bugün gördüğümüz değişikliklerin kalıcı bir etkisi olmayacağını savunmaktadır.

Şahin ve Erensü (2020), pandemi sırasında ekonomik faaliyetin azalmasının sera gazı emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltması herhangi bir kalıcı etki yaratmadığını düşünmektedir. Pandemi, fosil yakıtların kullanıldığı ekonomik ve günlük yaşam faaliyetleri karbonsuz bir hale getirildiğinde hem hava kirliliğinin hem de iklim değişikliğine neden olan emisyonların azalacağına ve bu neden-sonuç ilişkisinin hemen görünür hale geldiğine dair bir deney işlevi görme imkanı sağladığına dair düşünce ortaya koymuştur. Araştırmacılar, pandemi döneminde olduğu gibi iklim krizinde de acil müdahale gerektiğini ve önlem alınması gerekliliğini belirtmişlerdir.

Sancar ve Bostancı (2020), literatür bulgularının Covid-19 pandemi sürecinde bile ülkelerin hedeflenen karbon emisyonu seviyelerini beklenen düzeyde azaltmadığını gösterdiği, pandemi sürecinde karbon emisyonunun azalmasının doğaya ve hava kalitesine etkilerini somut şekilde gösterdiğini, ülkelerin gelecek kararlarında bu bilgiyi dikkate almalarının sağlıklı bir gelecek için umut oluşturup oluşturmayacağını bilinmediğini öne sürmüştür.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma sonucunda, Nevşehir İli'nde 2015-2020 yılları arasında Mart-Ekim ayları arasında tüketilen akaryakıt miktarı ile CO<sub>2</sub> salınımının doğru orantılı olduğu, yapılan hesaplamalar sonucunda eşdeğer CO<sub>2</sub> (Gg) miktarlarındaki değişimden görülmektedir. Akaryakıtların motorlarda yanma olayı sonrasında açığa çıkardıkları emisyon miktarının yakıt türüne göre önemli derecede farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. 2019'da Nevşehir'de olduğu gibi ülkemizde de genel olarak akaryakıt tüketimi azalmıştır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri doğrultusunda ticari aksiyonları ve sosyoekonomik durumları, ulaşım gereksinimlerine olan ihtiyacı belirlediği gibi konfor talebini de yansıtır. Özellikle trafiğe çıkan araç sayısının artması ve henüz alternatif yakıtların (elektrik gibi) geniş kullanım alanı bulamaması sebebiyle 2019 ve 2020 yılları boyunca hava kirliliği oluşturan kirleticilerde ciddi oranda azalmalar olduğu göz ardı edilmemelidir. IPCC'nin tüm ülkeler için varsayılan olarak belirlediği emisyon faktörleri de dikkate alındığında bu araştırma kapsamında

Nevşehir il geneli özelinde hava kalitesini kötü yönde etkileyen sera gazı emisyonlarına en yüksek katkıyı veren yakıt sıralamasının motorin > benzin > LPG şeklinde olduğu görülmektedir.

Nevşehir İl genelinde trafik büyükşehirlerimize kıyasla az olsa da, kentin Türkiye'nin tam orta noktasında bölgeler arasında nakliyenin merkezinde yer alması nedeniyle önemli bir konumu da vardır. Akdeniz Bölgesi ile İç Anadolu üzerinden Karadeniz ve Marmara bölgesine kadar uzanan güzergahta, kamyon ve tır gibi ticari araçların çok sayıda geçiş yaptığı bir trafik bağlantı noktasında olması sebebiyle emisyon miktarına katkıda motorinin, neden ön planda olduğunu açıklar bir durumdur.

Kentlerde hava kirliliğine neden olan fosil yakıtla çalışan ve ulaşımda kullanılan motorlu araçlar aynı zamanda iklim değişikliğine neden olan karbon emisyonlarının en önemli kaynaklarından biri durumundadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğini hızlandırıcı etkiye sahip olan sera gazlarının motorlu taşıtlarda enerji üretimi sonucu açığa çıktığını düşündüğümüzde, trafik kaynaklı ortaya çıkan sera gazlarını azaltmak için önemli birkaç seçeneğimiz olduğunu görmekteyiz. Birinci seçenek, fosil yakıtlı motorların yanma teknolojilerinin hali hazırda bulunan teknolojiye göre daha az sera gazı açığa çıkartmasını sağlamaktır. Bu seçeneğin kısa periyotta etkili olduğu söylenebilir ancak kümülatif olarak değerlendirdiğimizde küresel ısınmaya katkısı son derece kısıtlı kalacaktır. Bir başka seçenek ise trafikte seyreden motorlu araç sayılarını azaltmaktır. Bunun için toplu taşıma kullanmak, bisiklet kullanmak vs. gibi çözümler karşımıza çıkmaktadır. Fakat bu çözümlere insanları ikna etmek oldukça zordur. Bireysel ulaşım imkanlarının artmasıyla konforlu yaşamın getirdiği kültürel değişim ve tüketim alışkanlıkları, insanların gelecekte toplu taşıma kullanmasının önündeki en büyük engeller arasındadır. İnsanları toplu taşımaya ikna etmek için motorlu araç vergilerini yükseltmek yine kısa vadede etkili fakat negatif bir çözüm olduğundan toplumsal sıkıntılar doğabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu durumda halihazırda gündemdeki seçenek olan fosil yakıtlı motorlu kara taşıtlarının terk edilmesi ve bunun yerine elektrikli araçların kullanımının teşvik edilmesi ve tüketicilerin bu konuda bilinçlendirilmesi son derece önemli hale gelmektedir. Elektrikli kara taşıtları teknoloji ve üretiminin ülke yönetimi ve karar verici kurumlar tarafından teşvik edilmesi ve gelecek nesillere taşınması konusunda bilgilendirme faaliyetlerinin sürdürülmesi bu konuda iyi bir hamle olacaktır. Bir yandan elektrikli araç arzı yapılırken bir yandan da elektrikli araç kullanımında vergi indirimi yapılması da pozitif etki yapacağından, kullanıcıların fosil yakıtlı araçları terk etmesi dolaylı olarak desteklenecektir.

Ulaşımda motorlu taşıtlardan kaynaklanan sera gazlarını azaltmada yerel yönetimlerin alacağı tedbirlerin başarılı olabilmesi ve sürdürülebilir temiz havanın sağlanabilmesi ancak araç teknolojisindeki hızlı gelişimle birlikte trafikte dolaşan araçların yeni motor teknolojisine sahip olmaları ile mümkündür. Bu yeni teknolojiyle geliştirilen araçların emisyon salınım miktarlarının düşük olması da oldukça önemlidir. Burada, araçların aerodinamik yapısının geliştirilmesi, lastik

yapılarının geliştirilmesi, trafik sinyalizasyonlarının geliştirilmesi, kentin ve yolların hava akımını sağlayacak ve trafiği sıkıştırmayacak şekilde planlanması, yakıt alternatiflerinin araştırılması ve teşvik edilmesi (doğalgaz ve biyodizel vs.) gibi küresel çapta etkinliği test edilen yöntemler sürdürülebilir ve döngüsel ekonominin bir parçası olarak uygulanabilir. Bu tür uygulamaların hem ulusal hem de yerel bazda hayata geçirilmesi kentlerimizin hava kalitesini artırmasında etkili olacaktır.

### **Teşekkür**

Bu araştırma, NEVÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Programı kapsamında sürdürülen “*Nevşehir İli karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun değerlendirilmesi*” adlı yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünden üretilmiş olup veri tedariki için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu ve Çevre Şehircilik İl Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Kaynaklar**

- Ali, H., Yılmaz, G., Fareed, Z., Shahzad, F., and Ahmad, M. (2021). Impact of novel coronavirus (COVID-19) on daily routines and air environment: evidence from Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 14(3), 381-387.
- Cabré, A., Marinov, I., and Leung, S. (2015). Consistent global responses of marine ecosystems to future climate change across the IPCC AR5 earth system models. *Climate Dynamics*, 45(5), 1253-1280.
- Canitez, F. (2019). Pathways to sustainable urban mobility in developing megacities: A socio-technical transition perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 319-329.
- Change, I. (2006). *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories 2006*. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Change, I.C. (2007). *The physical science basis*. In: Cambridge Univ. Press.

- Change, I.P.o.C., and I.P.o.C.W.G. (1990). *Scientific Assessment of Climate Change: The Policymakers' Summary of the Report of Working Group I to the Intergovernmental Panel on Climate Change*. World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme
- Council, N.R. (2009). *Informing decisions in a changing climate*. National Academies Press.
- Cüce, H., Kalıpcı, E., Taş B., ve Yılmaz M. (2020). Rakım farklılığı nedeniyle oluşan meteorolojik değişimlerin su kalitesine olan etkilerinin CBS ile değerlendirilmesi: Morfolojik olarak farklı iki göl için bir karşılaştırma. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 1-26.
- Demirel, H., ve Ateş, A. (2018). Sapanca Gölü çevresinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirlleticilerinin emisyon envanteri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 150-158.
- Dulkadiroğlu, H. (2018). Türkiye’de elektrik üretiminin sera gazı emisyonları açısından incelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 67-74.
- Geçer, E., Şentürk, İ., ve Büyükgüngör, H. (2019). Yeşil bina tasarımında su ve enerji yönetimi üzerine uygulama örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 332-343.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2013). *AR5: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Technical Summary*. New York, s.35
- Kalıpcı, E., ve Başer, V. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve hava kalitesi verileri kullanılarak Türkiye’nin hava kirliliğinin değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 377-389.
- Kreith, F., and Berger, S. (1999). *Mechanical Engineering Handbook*. (Ed.) Frank Kreith Boca Raton: CRC Press LLC, In: Intelligent Transportation Systems.
- Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., and Field, C. B. (2016). Understanding and responding to danger from climate change: the role of key risks in the IPCC AR5. *Climatic Change*, 136(3-4), 427-444.
- McCloskey, B., and Heymann, D. L. (2020). SARS to novel coronavirus—old lessons and new lessons. *Epidemiology & Infection*, 148.
- Mercan, M., ve Karakaya, E. (2013). Sera Gazı Salımının Azaltımında Alternatif Politikaların Ekonomik Maliyetlerinin İncelenmesi: Türkiye İçin Genel Denge Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (42), 123-159.
- Mitra, A., Chaudhuri, T. R., Mitra, A., Pramanick, P., Zaman, S., Mitra, A., ... and Zaman, S. (2020). Impact of Covid-19 related shutdown on atmospheric carbon dioxide level in the city of Kolkata. *Parana Journal of Science and Education*, 6(3), 84-92.
- Lau, H., Khosrawipour, V., Kocbach, P., Mikolajczyk, A., Schubert, J., Bania, J., & Khosrawipour, T. (2020). The positive impact of lockdown in Wuhan on containing the Covid-19 outbreak in China. *Journal of travel medicine*, 27(3), a037.
- Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W., Smith, A.J., Abernethy, S., Andrew, R.M., De-Gol, A.J., Willis, D.R., Shan, Y., and Canadell, J.G. (2020). Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the Covid-19 forced confinement. *Nature Climate Change*, 10, 647-653.
- Liu, Z., Ciais, P., Deng, Z., Lei, R., Davis, S.J., Feng, S., Zheng, B., Cui, D., Dou, X., and Zhu, B. (2020). Near-real-time monitoring of global CO<sub>2</sub> emissions reveals the effects of the Covid-19 pandemic. *Nature communications*, 11, 1-12.
- Saadat, S., Rawtani, D., and Hussain, C. M. (2020). Environmental perspective of Covid-19, *Science of The Total Environment*, 728 (2020), 138870.
- Sancar, O., ve Bostancı S. (2020). Covid-19 Pandemi Sürecinde Karbon Emisyonu Üzerine Bir Tartışma, *Iğdır Üniversitesi Sos. Bil. Der.*, 269-292
- Şahin, Ü., ve Erensü, S. (2020). Covid-19 Pandemisini ve İklim Krizini Birlikte Okumak. *Mercator Politika Notu*. Sabancı Üniversitesi İPM.
- URL-1: <https://www.globalchange.gov/climate-change>. Climate Science Special Report (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2021).
- URL-2: <https://www.iea.org/countries/turkey>. World Energy Balances 2020 (Erişim Tarihi: 22 Şubat 2021).
- URL-3: <https://www.kgm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 23 Aralık 2020).

## **Analyses of Polyethylene Glycol (Mono- and Di- Methyl) Ether Adsorbed on CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 Synthetic Zeolites by Infrared and Raman Spectroscopies**

Nuri ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, Semiha BAHÇELİ<sup>2</sup>

### **Abstract**

The adsorptions of polyethylene glycol monomethyl ether (PEGMME) and polyethylene glycol dimethyl ether (PEGDME) on CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 zeolites have been analyzed by using experimental FT-IR and Raman spectroscopies. The vibration wavenumbers of polymers adsorbed on zeolites have been reported and the adsorption properties of zeolites with different molecular sizes and cations have been compared. Disappearing of some vibration modes of polymers or shifts to the higher and lower frequency region after the polymers have been adsorbed on zeolites; indicates an interaction between polymers and zeolites. By considering the obtained experimental spectral results we can suggest that the source of adsorption of polymers on zeolites can be based on the interactions between OH groups or oxygen atoms settled in polymer chains and the silanol hydroxyl groups on the surface of each zeolite.

**Keywords:** Vibrational spectroscopy, Zeolite, Adsorption, Polymer.

## **CaA, NaX, NaY ve ZSM-5 Sentetik Zeolitleri Üzerine Adsorbe Edilen Polietilen Glikol (Mono- ve Di- Metil) Eterin Kırmızıaltı ve Raman Spektroskopileri ile Analizi**

### **Öz**

Polietilen glikol monometil eter (PEGMME) ve polietilen glikol dimetil eterin (PEGDME) CaA, NaX, NaY ve ZSM-5 zeolitleri üzerindeki adsorpsiyonları deneysel FT-IR ve Raman spektroskopileri kullanılarak analiz edilmiştir. Zeolitler üzerine adsorbe edilen polimerlerin titreşim dalgasayıları bildirilmiş ve farklı moleküler boyutlara ve katyonlara sahip zeolitlerin adsorpsiyon özellikleri karşılaştırılmıştır. Polimerlerin bazı titreşim modlarının kaybolması veya polimerler zeolitler üzerine adsorbe edildikten sonra daha yüksek ve daha düşük frekans bölgesine kaymalar; polimerler ve zeolitler arasındaki etkileşimin varlığını göstermektedir. Elde edilen deneysel spektral sonuçları dikkate alarak, polimerlerin zeolitler üzerindeki adsorpsiyon kaynağının, OH grupları veya polimer zincirlerine yerleşmiş oksijen atomları ile her bir zeolit yüzeyindeki silanol hidroksil grupları arasındaki etkileşimlere dayandırılabilceğini söyleyebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Titreşim spektroskopisi, Zeolit, Adsorpsiyon, Polimer.

<sup>1</sup>Giresun University, Dereli Vocational School, Giresun, Türkiye, nuri.ozturk@giresun.edu.tr

<sup>2</sup>University of Turkish Aeronautical Association, Department of Astronautical Engineering, Ankara, Türkiye, s.bahceli80@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8742-0160> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5614-325X>

## 1. Introduction

The zeolites are crystalline aluminosilicates that exhibit three-dimensional structures interconnecting frameworks of  $\text{SiO}_4$  and  $\text{AlO}_4$  tetrahedra, being connected by sharing one oxygen atom between two tetrahedra. Low  $\text{SiO}_2$  ratio normally provides stronger adsorbance for polar molecules and powerful cation exchange capacity. Conversely, a higher  $\text{SiO}_2$  ratio generally provides stronger-acid catalytic activity as adsorbents (Cejka, 2007). Zeolites with low and medium Si/Al ratios can be used to remove water from organic materials, while molecular sieves with a high Si/Al ratio can be used to remove organic materials from water. In other words, zeolites are separated from each other by structural differences in their unit cell and the structural properties of zeolites are highly described in the literature. Zeolites are used as ion exchangers because their cations are bound by weak bonds and ions can be easily exchanged. Zeolites which are used as selective catalysts, ion exchangers, and adsorbents in the oil refinery, petrochemical, and chemical process industries, are the best known microporous molecular sieves. When zeolites are heated, the water molecules in their pores easily leave the zeolitic structure. Depending on the pore structures of the zeolites, it is known that they can adsorb molecules smaller than their pore sizes into the spaces inside them and they can adsorb the molecules with large sizes on their surfaces. The unit cells of the synthetic zeolites CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 used in this study consist of  $\text{Ca}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}].27\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_{86}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}].264\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_{56}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{136}].250\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}.16\text{H}_2\text{O}$ , respectively (Öztürk et al., 2005; Thomas and Klinowski, 2007; Öztürk et al., 2010). The pore sizes of the mentioned zeolites are 4-5 Å for CaA, 7-10 Å for NaX and NaY, and 5-6 Å for ZSM-5 which consists of two types of crossing and vertical channel systems (Öztürk et al., 2009; Bleken et al., 2011). Most of the newly synthesized synthetic zeolites have larger pore sizes and higher capacity than most natural zeolites, thus allowing applications for larger molecules (Sherman, 1999; Cundy and Cox, 2003; Franus et al., 2014). The catalytic properties of these molecular sieves, which we can think as strong catalysts and sorbents, can be understood by examining the adsorption qualities on their surfaces (Hunger, 1997; Çiçet et al., 2003). Vibration spectroscopy is one of the frequently used methods to determine some properties of zeolites such as absorbent (Şen et al., 2008; Öztürk et al., 2009; Marković et al., 2017; Kumar et al., 2020; Velvarská et al., 2020). Öztürk et al. have investigated the Infrared and SEM analyses of Polyethyleneglycol-400 adsorbed on zeolites NaA, CaA, NaX and NaY zeolites (Öztürk et al., 2009). It seems that our study is in harmony with this study.

This study aims to notice the results of infrared and Raman spectra of two polymers adsorbed on CaA (LTA, type 5A), NaX (FAU, type 13X), NaY (FAU), and ZSM-5 (MFI) synthetic zeolites and the source of adsorption of polyethylene glycol (monomethyl ether) and polyethylene glycol

(dimethyl ether) on mentioned zeolites. It is seen that the adsorption sources of polymers on zeolites are the interactions between methylene and OH groups and oxygen atoms of the polymers and the non-acidic silanol hydroxyl group on the surface of zeolites.

## **2. Materials and Methods**

### **2.1. Materials**

All synthetic zeolites, CaA (Aldrich), NaX (Fluka), NaY (Aldrich), and ZSM-5 (Zeolisynt, Si/Al ratio: 30) have been obtained from commercial sources. Moreover, PEGMME (Fluka) powder and liquid PEGDME (Fluka) have been obtained commercially and used without any purification. Chloroform and ethyl alcohol are used as solvent and purifier to remove residues.

### **2.2. Sample Preparation**

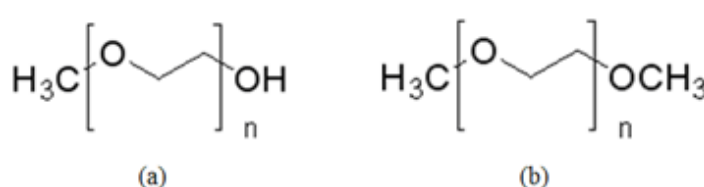
First, CaA, NaX, and NaY zeolites have been calcined (activated in the oven) at 623K for 4 hours, while, ZSM-5 has been activated at 823K for 5 hours to be purified from water molecules in their structure and waited for them to cool to room temperature. 100 mg PEGMME powder has been solved in 40 ml chloroform without concentration calculation. Then, 1 g of each zeolite has been put into 10 ml PEGMME solution and liquid PEGDME separately. After the samples have been stirred and stored for 40 hours for maximum adsorption to occur at room temperature, the mixtures have been filtered and washed three times with chloroform and ethyl alcohol to remove suspension residues. All samples have been left to dry at room temperature.

### **2.3. Measurements**

The polymer adsorbed zeolite samples have been compressed as pellets with KBr for the infrared spectrum. The IR spectra of the samples have been recorded on a Perkin Elmer Spectrum One FT-IR Spectrometer in the transmission mode in the region of 4000–400  $\text{cm}^{-1}$  with a resolution of 4  $\text{cm}^{-1}$  at room temperature. Raman spectra of the samples have been recorded by using a Jasco NRS-3100 micro-Raman Spectrophotometer with 600 lines/mm grating in the region of 4000–150  $\text{cm}^{-1}$  at room temperature. The 785 nm lines of the diode laser have been used for the excitation of samples. The exposure time for each sample has been taken as 25 seconds and the average of 10 measurements taken. Infrared and Raman spectra of PEGMME and PEGDME have been also taken by the mentioned methods.

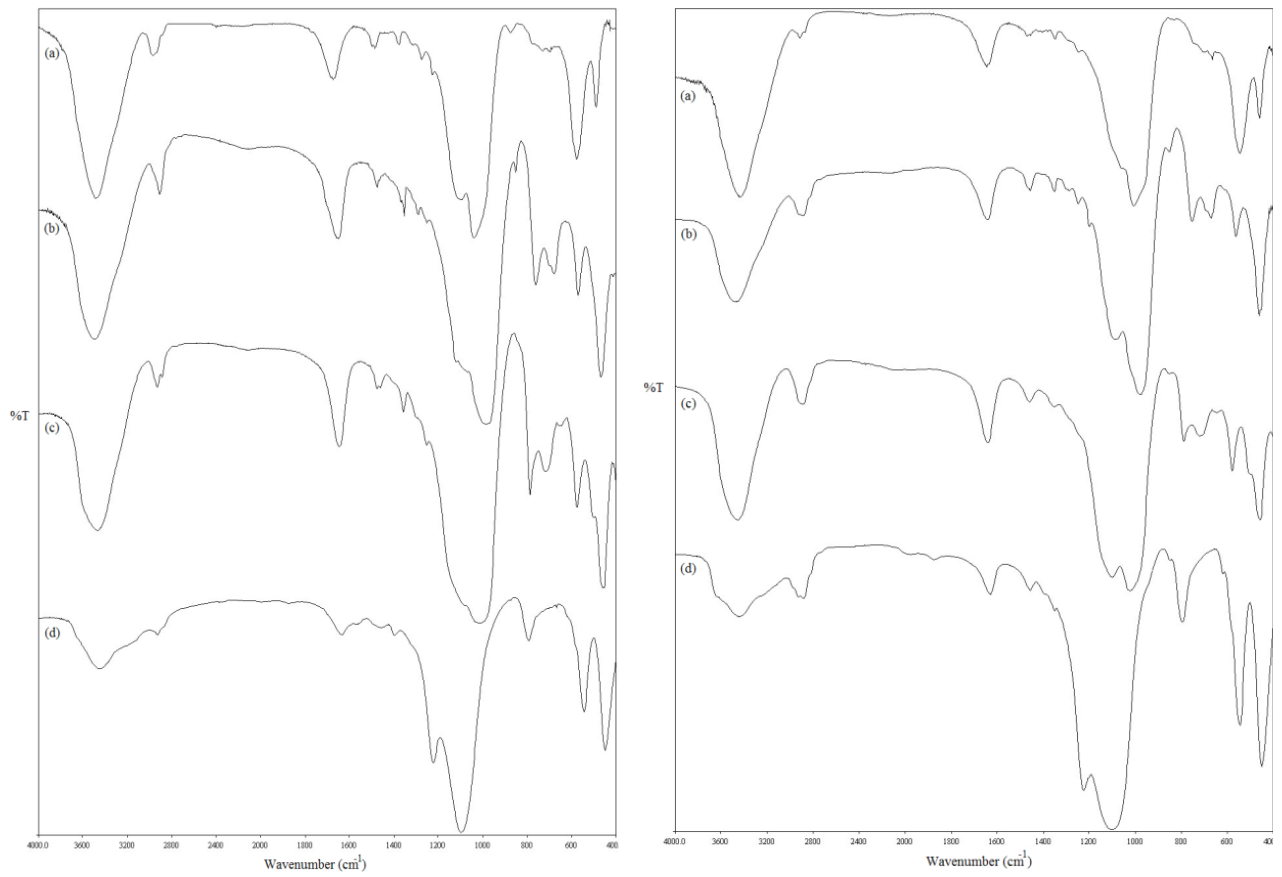
### 3. Results and Discussion

The molecular structures of polymers have been depicted in Figure 1. Infrared (IR) spectra of polyethylene glycol (monomethyl ether) and polyethylene glycol (dimethyl ether) adsorbed on CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 have been given in Figure 2. Similarly, the Raman (R) spectra of polyethylene glycol (monomethyl ether) and polyethylene glycol (dimethyl ether) adsorbed on the mentioned zeolites have been given in Figure 3. On the other hand, the observed wavenumbers and the assignments of vibrational bands have been summarized in Table 1 and Table 2 as well as those of free PEGMME and PEGDME, respectively. According to the tables, we can say that the most characteristic vibration bands of both polymers have been also observed for their adsorbed forms on the mentioned zeolites. As can be seen in Figures 2 and 3, some characteristic peaks of both polymers were generally observed as weak bands in the IR and Raman spectra of zeolites after the adsorption process. When the IR and Raman spectra of pure zeolites are compared with the spectra recorded after the adsorption process on zeolites, the observed extra bands are caused by the adsorbed polymers. The loss of vibration modes of pure polymers or changes in the position of any vibration mode would be a sign of interaction between polymers and synthetic zeolites. In comparison with vibrational bands of free polymers, the shifts at the positions of vibration bands of polymers adsorbed on mentioned zeolites can be concluded to be an interaction between zeolites and polymers. These frequency shifts to lower and higher regions show the presence of adsorption of PEGMME and PEGDME on the mentioned zeolites. Then, the adsorption properties of zeolites with different molecular sizes have been compared. As seen in Table 1, the CH<sub>2</sub> and CH<sub>3</sub> stretching bands at the interval of 2947-2861 (IR) cm<sup>-1</sup> and 2943-2830 (R) cm<sup>-1</sup> of free PEGMME have been observed at the interval of 2949-2806 (IR) cm<sup>-1</sup> and 2936-2820 (R) cm<sup>-1</sup> of adsorbed forms on zeolites. Similarly, as seen in Table 2, these bands have observed at the interval of 2924-2823 (IR) cm<sup>-1</sup> and 2937-2823 (R) cm<sup>-1</sup> for free PEGDME and at the interval of 2932-2824 (IR) cm<sup>-1</sup> and 2880-2828 (R) cm<sup>-1</sup> for adsorbed forms on mentioned zeolites. Likewise; Öztürk et al. observed CH<sub>2</sub> symmetric and asymmetric stretching vibrations in the range of 2918-2745 cm<sup>-1</sup> in their studies (Öztürk, et al., 2009). Some other vibration band assignments in Table 1 and Table 2 are also in agreement with this study. Moreover, very weak bands of around 2900-3000 cm<sup>-1</sup> can be assigned to the presence of SiOCH<sub>3</sub>, called a chemisorption product, on zeolites (Çiçek et al., 2003).

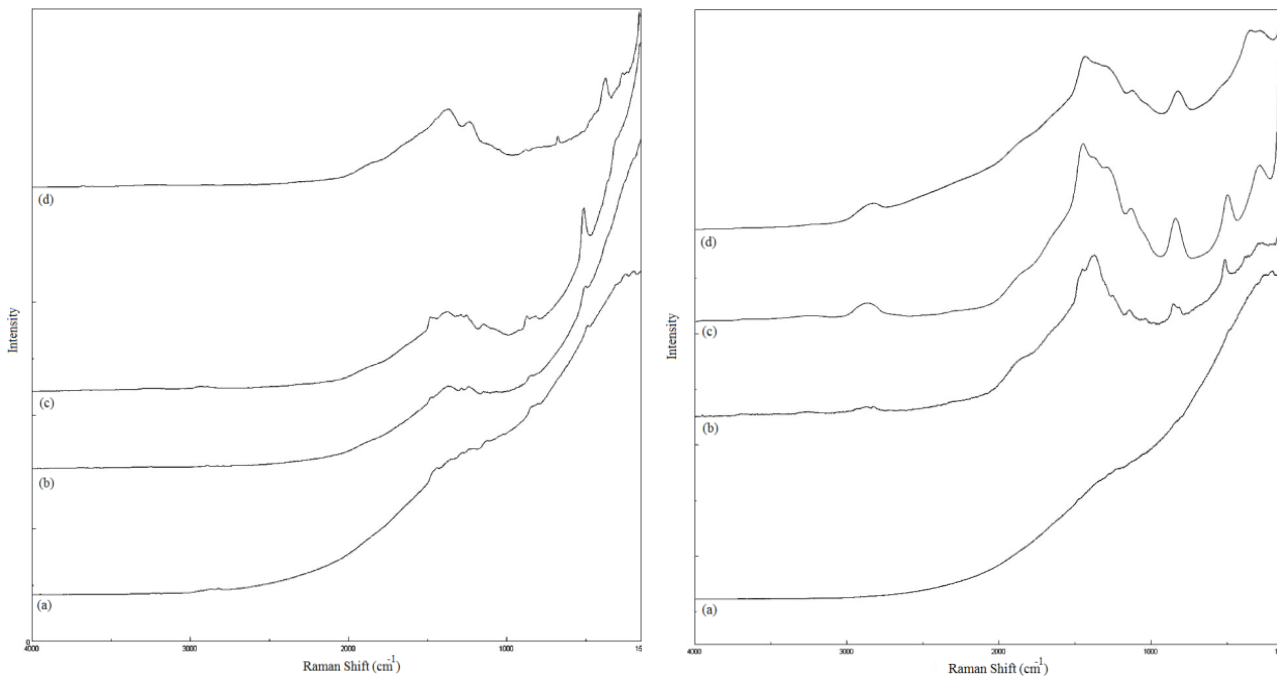


**Figure 1.** Molecule structures of a) PEGMME and b) PEGDME





**Figure 2.** Infrared spectra of PEGMME (left) and PEGDME (right) adsorbed on the a) CaA, b) NaX, c) NaY and d) ZSM-5 zeolites



**Figure 3.**  $\mu$ -Raman spectra of PEGMME (left) and PEGDME (right) adsorbed on the a) CaA, b) NaX, c) NaY and d) ZSM-5 zeolites

**Table 1.** The IR and Raman frequencies (cm<sup>-1</sup>) of PEGMME adsorbed on CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 zeolites.

| PEGMME  |         | CaA     |         | NaX     |         | NaY     |         | ZSM-5   |         | Assignments             |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|
| IR      | Raman   | IR      | Raman   | IR      | Raman   | IR      | Raman   | IR      | Raman   |                         |
| 2947 w  | 2943 w  | 2926 m  | -       | 2949 sh | -       | 2928 m  | 2936 vw | 2928 m  | 2932 vw | $\nu_{as}(\text{CH}_3)$ |
| 2881 s  | 2886 m  | 2881 sh | 2870 vw | 2892 m  | 2885 vw | 2887 w  | 2892 vw | 2874 sh | 2881 vw | $\nu_{as}(\text{CH}_2)$ |
| 2861 vw | 2830 w  | 2835 sh | 2820 vw | 2806 sh | -       | -       | -       | -       | -       | $\nu_s(\text{CH}_2)$    |
| 1467 s  | 1481 s  | 1473 m  | -       | 1468 m  | 1475 w  | 1477 m  | 1477 m  | -       | -       | $\delta_s(\text{CH}_2)$ |
| 1456 w  | 1447 w  | 1458 m  | 1442 w  | 1457 w  | -       | 1460 m  | 1450 vw | 1456 bm | 1448 vw | $\delta(\text{CH}_3)$   |
| 1360 m  | 1362 w  | 1357 sh | -       | 1360 w  | -       | 1357 m  | -       | -       | 1371 bm | $w(\text{CH}_2)$        |
| 1341 s  | -       | 1350 m  | -       | 1344 m  | -       | -       | -       | 1323 sh | -       | $w(\text{CH}_2)$        |
| 1279 s  | 1280 s  | 1294 bw | 1277 w  | 1282 m  | 1285 w  | 1300 w  | 1282 w  | -       | -       | $t(\text{CH}_2)$        |
| 1241 s  | 1234 m  | 1250 m  | -       | 1243 m  | -       | 1252 w  | -       | -       | 1230 bm | $t(\text{CH}_2)$        |
| 1147 s  | 1141 m  | -       | -       | 1111 w  | -       | -       | -       | -       | -       | $w(\text{CH}_3)$        |
| -       | 1129 sh | -       | 1123 w  | -       | 1144 w  | -       | -       | -       | 1124 w  | $\rho(\text{CH}_2)$     |
| 1060 s  | 1063 m  | 1071 bm | -       | 1063 w  | 1067 vw | 1083 bw | -       | -       | 1046 w  | $\nu(\text{C-O})$       |
| 947 m   | 934 w   | -       | -       | -       | -       | -       | 921 w   | -       | -       | $\nu(\text{C-O-C})$     |
| 841 s   | 844 s   | 850 m   | 838 w   | 843 m   | 839 w   | 844 sh  | 862 m   | -       | 872 w   | $\rho(\text{CH}_2)$     |
| -       | 803 vw  | -       | 803 w   | -       | 812 vw  | -       | 807 w   | -       | -       | $w(\text{CH}_2)$        |

v: very; s: strong; m: medium; w: weak; sh: shoulder; b: broad;  $\nu$ : stretching;  $\delta$ : in-plane bending;  $\delta_s$ : scissoring; w: wagging;  $t$ : twisting;  $\rho$ : rocking

Besides, there are some significant changes for the CH<sub>2</sub> in-plane bending, scissoring, wagging, twisting, and rocking bands among free and adsorbed polymers as seen in Tables 1 and 2. The shifts to higher or lower frequency regions in the IR and  $\mu$ -Raman spectra of polymers adsorbed on the mentioned zeolites indicate that the silanol hydroxyl groups on the surface of zeolites interact with methylene groups of adsorbed polymers by hydrogen bonding (Silverstein and Webster, 1997; Stuart, 2004).

**Table 2.** The IR and Raman frequencies (cm<sup>-1</sup>) of PEGDME adsorbed on CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 zeolites.

| PEGDME  |         | CaA     |        | NaX     |         | NaY     |         | ZSM-5   |         | Assignments             |
|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|
| IR      | Raman   | IR      | Raman  | IR      | Raman   | IR      | Raman   | IR      | Raman   |                         |
| 2924 sh | 2937 sh | 2932 sh | -      | 2928 sh | -       | -       | -       | 2929 m  | -       | $\nu_{as}(\text{CH}_3)$ |
| 2872 vs | 2872 s  | 2883 m  | -      | 2882 m  | 2880 w  | 2889 m  | 2878 bm | 2879 m  | -       | $\nu_s(\text{CH}_2)$    |
| 2823 sh | 2823 s  | 2831 sh | -      | 2830 sh | 2828 w  | 2824 sh | -       | 2826 sh | 2841 bm | $\nu_s(\text{CH}_2)$    |
| 1470 sh | 1471 vs | 1471 sh | 1479 w | 1471 sh | -       | 1462 m  | -       | -       | -       | $\delta_s(\text{CH}_2)$ |
| 1455 vs | 1451 vs | 1457 m  | -      | 1456 m  | 1444 w  | -       | 1452 s  | 1457 m  | 1445 bm | $\delta(\text{CH}_3)$   |
| 1350 vs | 1369 m  | 1353 m  | -      | 1351 m  | -       | 1355 m  | -       | 1351 w  | 1366 w  | $w(\text{CH}_2)$        |
| 1299 s  | 1286 s  | 1287 m  | 1279 w | 1286 m  | 1296 sh | 1288 w  | 1292 bm | -       | 1296 w  | $w(\text{CH}_2)$        |
| 1247 s  | 1244 m  | 1249 m  | -      | 1250 m  | -       | 1249 m  | -       | -       | -       | $t(\text{CH}_2)$        |
| 1199 vs | 1208 sh | 1199 m  | -      | 1200 m  | -       | 1197 sh | -       | 1202 w  | -       | $\delta(\text{CH}_3)$   |
| 1105 vs | 1135 s  | 1102 m  | -      | 1102 m  | 1138 m  | 1106 m  | -       | -       | 1130 m  | $\nu(\text{C-O})$       |
| 1028 m  | 1030 m  | -       | -      | 1022 sh | -       | 1026 m  | 1040 sh | -       | 1037 w  | $\nu_s(\text{C-C})$     |
| 943 s   | 930 m   | -       | -      | -       | -       | -       | -       | 951 sh  | -       | $\nu_s(\text{C-O-C})$   |
| 851 vs  | 849 vs  | 849 m   | 842 vw | 850 m   | 850 m   | 849 m   | 841 m   | 850 w   | 834 bm  | $\rho(\text{CH}_2)$     |
| -       | 811 sh  | -       | 805 vw | -       | 812 w   | -       | -       | -       | -       | $\rho(\text{CH}_2)$     |
| -       | 284 bm  | -       | -      | -       | 282 bm  | -       | -       | -       | 296 bm  | $\delta(\text{C-O-C})$  |

v: very; s: strong; m: medium; w: weak; sh: shoulder; b: broad;  $\nu$ : stretching;  $\delta$ : in-plane bending;  $\delta_s$ : scissoring; w: wagging;  $t$ : twisting;  $\rho$ : rocking

However, the strong and medium C-O stretching band of free PEGMME at 1060 (IR)  $\text{cm}^{-1}$  – 1063 (R)  $\text{cm}^{-1}$  have been observed at 1071  $\text{cm}^{-1}$ , 1063  $\text{cm}^{-1}$  and 1083  $\text{cm}^{-1}$  for IR spectra of PEGMME adsorbed on CaA, NaX, and NaY, respectively, and at 1067  $\text{cm}^{-1}$  and 1046  $\text{cm}^{-1}$  for Raman spectra of polymer adsorbed on NaX and ZSM-5, respectively. Similarly, the medium C-O-C stretching band of free PEGMME (Silverstein and Webster, 1997; Stuart, 2004; Abdel-Mohsen et al., 2012) at 947 (IR)  $\text{cm}^{-1}$  – 934 (R)  $\text{cm}^{-1}$  has been only observed at 1021  $\text{cm}^{-1}$  for the Raman spectrum of polymer adsorbed on NaY as a weak band and not observed for IR spectra. While most of the characteristic bands of PEGMME have been also observed in their adsorbed form on zeolites, the bending and stretching modes of the OH band have been not observed in any of the IR and Raman spectra.

On the other hand, the very strong C-O stretching band of free PEGMME at 1105  $\text{cm}^{-1}$  for IR spectrum and strong for Raman spectrum at 1135  $\text{cm}^{-1}$  have been observed as a medium band at 1102  $\text{cm}^{-1}$ , 1102  $\text{cm}^{-1}$  and 1106  $\text{cm}^{-1}$  for IR spectra of PEGDME adsorbed on CaA, NaX, and NaY, respectively, and at 1138  $\text{cm}^{-1}$  and 1130  $\text{cm}^{-1}$  for Raman spectra of PEGMME adsorbed on NaX and ZSM-5, respectively. Moreover, the C-O-C stretching band of PEGDME at 943  $\text{cm}^{-1}$  has been observed as a shoulder at 951  $\text{cm}^{-1}$  in the IR spectrum of ZSM-5. This band has not been observed in the Raman spectrum of any zeolite that adsorbed the PEGDME. Besides, C-O-C bending mode has been observed at 284  $\text{cm}^{-1}$ , 282  $\text{cm}^{-1}$  and 296  $\text{cm}^{-1}$  as a broad medium band in the Raman spectra of pure PEGDME, the adsorbed form of NaX and ZSM-5, respectively. The shifts at the positions of most of the characteristic vibrational bands of polymer adsorbed on zeolites show the interaction between zeolites and polymers.

#### 4. Conclusions

The peaks that did not exist before in the infrared spectra of zeolites but appear in the spectra after the polymers were adsorbed belong to the polymers. These peaks of polymers show that the adsorption process has taken place. The experimental IR and  $\mu$ -Raman spectral results of polyethylene glycol (monomethyl ether) and polyethylene glycol (dimethyl ether) adsorbed on the CaA, NaX, NaY, and ZSM-5 synthetic zeolites indicate that the sources of adsorptions of polymers on title zeolites seem to be the interactions between the methylene and OH groups of polymers and oxygen atoms located in polymer chains and the non-acidic silanol hydroxyl group on the surface of the zeolites employing a hydrogen bond.

## Acknowledgment

The work was supported by the Unit of Scientific Research Projects of Süleyman Demirel University (Project No. 2102-D-10).

## Authors' Contributions

All authors contributed equally to the study

## Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

## Statement of Research and Publication Ethics

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

## References

- Abdel-Mohsen, A. M., Aly, A. S., Hrdina, R. and El-Aref, A. T. (2012). A novel method for the preparation of silver/chitosan-O-methoxy polyethylene glycol core shell nanoparticles. *Journal of Polymers and the Environment*, 20(2), 459-468.
- Bleken, F., Skistad, W., Barbera, K., Kustova, M., Bordiga, S., Beato, P., Lillerud, K. P., Svelle, S. and Olsbye, U. (2011). Conversion of methanol over 10-ring zeolites with differing volumes at channel intersections: comparison of TNU-9, IM-5, ZSM-11 and ZSM-5. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 13(7), 2539-2549.
- Cejka J. (2007). *Introduction to Zeolite Science and Practice; 3rd Revised Edition; Studies in Surface Science and Catalysis*, Volume 168, Oxford, UK, Elsevier.
- Çiçek, E., Bardakçı, B., Uçun, F. and Bahçeli, S. (2003). Adsorption of trimethyl phosphite on H-KA, H-NaA, H-CaA and H-NaX zeolites: an IR study. *Zeitschrift für Naturforschung A*, 58a(5-6), 313-316.
- Cundy, C. S. and Cox, P. A. (2003). The hydrothermal synthesis of zeolites: history and development from the earliest days to the present time. *Chemical Reviews*, 103(3), 663-702.
- Franus, W., Wdowin, M. and Franus, M. (2014). Synthesis and characterization of zeolites prepared from industrial fly ash. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 5721-5729.
- Hunger, M., (1997). Brønsted acid sites in zeolites characterized by multinuclear solid-state NMR spectroscopy. *Catalysis Reviews - Science and Engineering*, 39(4), 345-393.
- Kumar, N., Dipak, P., Tiwari, D. C. And Tomar, R. (2020). Study and characterization of polyaniline/zeolite-Mor nanocomposite and their role in detection of chemical warfare agent simulant-CEES. *Chemical Physics Letters*, 755, 137766.
- Marković, M., Daković, A., Rottinghaus, G. E., Petković, A., Kragović, M., Krajišnik, D., and Milić, J. (2017). Ochratoxin A and zearalenone adsorption by the natural zeolite treated with benzalkonium chloride. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 529, 7-17.
- Öztürk, N., Çırak, Ç. and Bahçeli, S. (2007). FT-IR spectroscopic study of 1,5-pentanedithiol and 1,6-hexanedithiol adsorbed on NaA, CaA and NaY zeolites. *Zeitschrift für Naturforschung A*, 60a (2005) 633-636.

- Öztürk, N., Uçun, F., and Bahçeli, S. (2010). Infrared Spectroscopy of 2-and 4-Trifluoromethylbenzaldehydes Adsorbed on Zeolites CaA, NaX and ZSM-5. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 14(1), 1-3.
- Öztürk, N., Uçun, F., Muhtar, A. D. and Bahçeli, S. (2009). Infrared and SEM analyses of Polyethyleneglycol-400 adsorbed on zeolites NaA, CaA, NaX and NaY. *Journal of Molecular Structure*, 922(1-3), 35–38.
- Şen, S., Bardakçı, B., Yavuz, A. G., Gök, A. U. (2008). Polyfuran/zeolite LTA composites and adsorption properties. *European polymer journal* 44(8), 2708-2717.
- Sherman, J. D. (1999). Synthetic zeolites and other microporous oxide molecular sieves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96(7), 3471-3478.
- Silverstein, R. M. and Webster, F. X. (1997). *Spectroscopic Identification of Organic Compound*, sixth ed., New York, John Wiley & Sons.
- Stuart, B. H. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. England, John Wiley & Sons.
- Thomas, J. M. and Klinowski, J., Systematic enumeration of microporous solids: towards designer catalysts. *Angewandte Chemie International Edition*, 46, 7160-7163.
- Velvarská, R., Tišler, Z., Raichlová, V. and Hidalgo-Herrador, J. M. (2020). Raman Spectroscopy as Molybdenum and Tungsten Content Analysis Tool for Mesoporous Silica and Beta Zeolite Catalysts. *Molecules*, 25(21), 4918.

## Doğal Adsorbent Kullanarak Sulardan Maxilon Golden Yellow'un Renk Gideriminde Ortam Koşullarının İncelenmesi

Ezgi GÜNEŞ GÜRDAL<sup>1</sup>, Erkan KALIPCI<sup>2\*</sup>

### Öz

Bu çalışmada; Maxilon Golden Yellow GL EC 400% (MGY-GE) boyasının Nevşehir (Türkiye) Cin Deresi dere yatağına ait doğal kil (DK) ile sulu çözeltilerden gideriminde ortam koşulları araştırılmıştır. Adsorpsiyon koşulları; MGY-GE boyasının 100 mg/L konsantrasyonunda, 2.0 g adsorbent kullanılarak, farklı temas süresi, çözelti pH'ı ve sıcaklığında incelenmiştir. Adsorpsiyon sürecinin Langmuir ve Freundlich izotermine uygunlukları araştırılmıştır. MGY-GE boyası gideriminde kullanılan DK için deneysel verilerin Langmuir izoterm modeline uyum gösterdiği bulunmuştur. Doğal kil için en yüksek renk giderimi; pH 8'de (%98.44) 300 dakika ve 25 °C'de elde edilmiştir. Sonuç olarak; doğal kilin MGY-GE boyasının sulu çözeltilerden gideriminde kullanılacağı ve bu doğal kilin yüksek tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Düşük maliyetli ve bol miktarda bulunan doğal kil, MGY-GE boyasının giderimi için diğer adsorbentlere tercihen kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal kil, Maxilon golden yellow, Renk giderimi, Adsorpsiyon.

## Examination of Ambient Conditions of Maxilon Golden Yellow for Color Removal From Waters by Using Natural Adsorbent

### Abstract

In this study, ambient conditions for removal of Maxilon Golden Yellow GL EC 400% (MGY-GE) dye from aqueous solutions by using natural clay (NC) of Nevşehir (Turkey) Cin stream bed were investigated. Adsorption conditions were examined at 100 mg/L concentration of MGY-GE dye using 2.0 g adsorbent, different contact time, solution pH and temperature. The fitting of adsorption process with respect to Langmuir and Freundlich isotherms was examined. Experimental data for NC used in MGY-GE dye removal has been found to adapt to the Langmuir isotherm model. The highest color removal was obtained during 300 minutes and 25 °C at pH 8 (98.44%) for natural clay. As a result; it was indicated that natural clay can be used for the removal from aqueous solution of MGY-GE dye has high adsorption capacity for dye. Abundantly in nature and low-cost clay can be used for the removal of MGY-GE dye in preference to other adsorbents.

**Keywords:** Natural clay, Maxilon golden yellow, Color removal, Adsorption.

<sup>1</sup>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye, ezgiguiness@gmail.com

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, erkankalipci@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1629-9495> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1908-5468>

## 1. Giriş

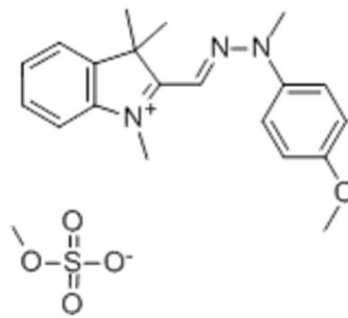
Tekstil, kauçuk, kağıt, deri, plastik, ilaç, gıda, boya fabrikaları vb. endüstriyel tesislerde yaygın olarak boyar maddeler kullanılmaktadır. Bu sektörlerden kaynaklanan boyalı atıksular, mutajen ve kanserojen özelliklere sahip olduğundan insan ve çevre sağlığı açısından toksik riskler taşımaktadır. Ayrıca, bu tür renkli atıksular deşarj edildiği sucul alanlarda güneş ışığının bentik organizmalara nüfuzunu azaltarak fotosentetik aktiviteyi engellemenin yanısıra görüntü kirliliğine de sebep olmaktadır (Öden ve Küçükçongar, 2017; Kalıpcı, 2016; Ngulube ve ark., 2017). Bu nedenle; son yıllarda sulardan boyaların giderimi için yapılan bilimsel çalışmalarda artışlar yaşanmaktadır (Li ve ark., 2020; Tara ve ark., 2020; Wu ve ark., 2020; Kadhom ve ark., 2020; Xia ve ark., 2020). Yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde, arıtım yöntemlerinin etkili ve maliyetinin düşük olması, kullanılacak adsorbentlerin ise ucuz ve doğada kendiliğinden bulunması gerektiği belirtilmektedir (Ngulube ve ark., 2017; Kalıpcı, 2019). Tekstil atıksularından renk giderimi için hem biyolojik hem de fiziksel/kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisinde boyar madde içeren atıksuların geleneksel atıksu arıtma yöntemleri kullanılarak arıtılması çok zordur, çünkü boyalar ışık ve oksitleyici ajanların varlığında stabildir ve aerobik sindirime dirençlidir. Eski yöntemler; çoğu boyaların biyolojik olarak parçalanamayan doğası nedeniyle çok başarılı olmamıştır. Literatür incelendiğinde; kogaülasyon, kimyasal oksidasyon, flotasyon, ters ozmoz, fenton prosesi, elektro-fenton prosesi, ozonlama, biyolojik arıtma prosesi, adsorpsiyon gibi birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle atıksulardan renk giderim metotları uygulanabildiği görülmektedir (Sun ve Yang, 2003; Kuleyin ve Aydın, 2011; Juang ve ark., 1997; Doğan ve ark., 2009; Kalıpcı ve ark., 2016). Kullanılan bu metotlardan kimyasal ve elektro-kimyasal çöktürme, fenton ve elektro-fenton proseslerinde, toksik ve ağır metal içerikli kimyasal çamurlar oluşmaktadır. Bu çamurların bertarafı arıtma maliyetini ciddi oranda arttırmaktadır. Ozonlama ise yüksek maliyetli ve kalifiye eleman gerektiren bir süreçtir. Bunun yanısıra ozon seçici olmayacağı için atıksu içerisindeki bütün kirlleticilerle reaksiyona girme eğilimindedir. Bu da yeterli arıtma verimi için ozon ihtiyacını arttırarak, arıtım maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Biyolojik prosesler kullanılarak genellikle çok az miktarda renk giderimi yapılabilir. Bu yöntemler arasında en pratik ve ekonomik olanı adsorpsiyon ile renk giderim metodudur (Gürses ve ark., 2002, Gupta ve Suhas, 2009). Nitekim, Elmoubarki ve ark. (2015) tarafından yapılan adsorpsiyon çalışması ile ucuz ve kolay elde edilebilir olan Moroccan doğal kili, sulu çözeltilen tekstil boyalarının uzaklaştırılması için verimli bir şekilde kullanılmıştır. Uyar (2012) ise yapmış olduğu çalışmasında, alginat ve kili birleştirerek kompozit bir adsorbent oluşturup metilen mavisi boyasının sulu çözeltilen %95 verim ile giderimini sağlamıştır.

Yapılan bu çalışmada; atıksularda yaygın bir kirletici parametre olarak bulunan MGY-GE boyasının doğada bol miktarda bulunan Nevşehir yöresine ait doğal kil kullanılarak sulu çözeltiden adsorpsiyon ile gideriminde ortam koşulları incelenmiştir. Adsorpsiyon kinetikleri ve adsorpsiyonu etkileyen parametreler araştırılarak, sulu çözeltiden MGY-GE boyar maddesinin gideriminde alternatif arıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

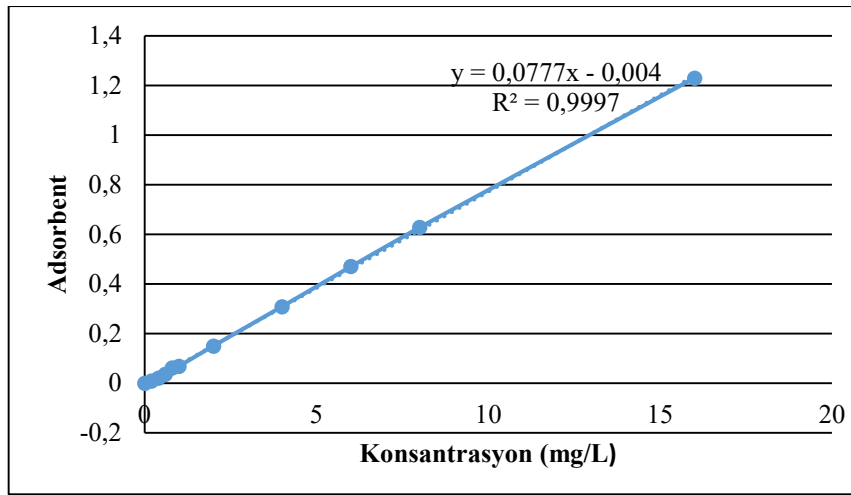
Çalışmada adsorbent olarak kullanılan doğal kil, Nevşehir ili Avanos İlçesine yaklaşık 5 km uzaklıkta bulunan Cin deresinin dere yatağından temin edilmiştir. 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile yıkandıktan sonra doğal kil, distile su (Minipure, Destup) ile yıkanarak nötral pH seviyesine getirilmiştir. pH'ı nötr'e getirilen doğal kil 10 dakika süresince 5000 rpm hızda santrifüj (NÜVE, NF 200) edilerek çöktürülmüştür. Etüvde (JSR, JSOF-100) 48 saat, 105 °C sıcaklıkta kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Malzemenin tanecik boyutu önemli olduğu için, kurutulan doğal killer, 150-200 µm'lik eleklerde elenmiş ve kesikli adsorpsiyon deneylerinde kullanılmak üzere desikatörde muhafaza edilmiştir.

Çalışmada tekstil endüstrisinde yoğunlukla kullanılan bir boyar madde olması ve literatürde fazla çalışılmamış olması nedeniyle MGY-GE boyar maddesi kullanılmıştır. Ticari olarak piyasadan temin edilen MGY-GE boyası, sulu bir çözelti hazırlamak için daha fazla saflaştırma olmaksızın 100 mg/L olacak şekilde stok çözelti hazırlanarak kullanılmıştır. MGY-GE boyasının kimyasal yapısı Şekil 1'de, kalibrasyon eğrisi ise Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 1. MGY-GE boyasının kimyasal yapısı (URL-1, 2021).





Şekil 2. MGY-GE boyasının kalibrasyon eğrisi.

MGY-GE çözeltilerinin tamamı ultra saf su (MP Minipure Destup) ile hazırlanmıştır. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların (Adeyemo ve ark., 2017; Ouardi ve ark., 2015) incelenmesi sonucunda adsorbent miktarının 2.0 g ile maksimum giderim sağlayacağına karar verilmiştir. Bu nedenle, kilin sulu çözeltiden MGY-GE boyasının gideriminde ki uygun koşulları belirlemek için 2.0 g tartılarak 100 mg/L'lik hazırlanan 100 mL MGY-GE çözeltilisine eklenmiştir. Deneysel çalışma, farklı pH'larda (2-12), farklı temas sürelerinde (5-300 dk) ve farklı sıcaklıklarda (25-60 °C) yapılmıştır. Çözeltinin pH'ı, multi parametre ölçer cihazı (Hach Lange, HD30d) kullanılarak 0.1 N Hidroklorik asit ve 0.1 N Sodyum hidroksit ile ayarlanmıştır. Adsorbe edilen MGY-GE boya miktarının tespiti için adsorpsiyon sürecinin tamamlanmasından sonra 5 dakika 2400 rpm hızda santrifüj (NÜVE, NF 200) işlemi ile çözeltilerden katı maddelerin çökmesi sağlanmıştır. Santrifüj işleminden sonra 0,45 µm'lik membran filtreler (Millipore Corp., Bedford, Mass.) kullanılarak numune adsorbentten ayrılmıştır. Ölçümlerde Thermo Scientific Aqua Mate Plus UV-VIS model spektrofotometri kullanılmıştır.

Dengede adsorbe edilen MGY-GE miktarı;  $q_e$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ) aşağıda verilen denklemlerle belirlenmiştir:

$$q_e = V(C_0 - C_e)/W \quad (1)$$

Formülde, mg/g cinsinden adsorpsiyon kapasitesi,  $q_e$  ile; mg/L cinsinden başlangıç ve denge konsantrasyonları,  $C_0$  ve  $C_e$  ile; boyarmadde çözeltisinin mL içindeki hacmi  $V$  ile; mg cinsinden kullanılan adsorbent kütlesi ise  $W$  ile ifade edilmiştir (Kayacan, 2007).

Freundlich adsorpsiyon izotermi, çok katmanlı adsorpsiyonun heterojen bir adsorban yüzeyinde gerçekleştiği varsayımıyla elde edilen aşağıdaki denklemlerle ifade edilir (Freundlich, 1906).

$$\log q_e = \log K_f + (1/n) \log C_e \quad (2)$$

Formülde Freundlich sabiti  $K_f$  (mg/g) ile, Freundlich katsayısı  $n$  ile gösterilmiştir. Doğal adsorbanların düşük enerji heterojenitesine sahip adsorban yüzeyindeki aktif bölgelerini  $n$  parametresi tarif etmektedir. Bu parametre aynı zamanda adsorpsiyon yoğunluğunun da göstergesi olup 1 ile 10 arasındaki değer, iyi bir adsorpsiyon sürecini ifade etmektedir. Şayet  $n$ , 1'den küçükse, adsorpsiyonun kimyasal olduğunu büyük ise fiziksel olduğunu göstermektedir (Fytianos ve ark., 2000).

Langmuir izotermi ise aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

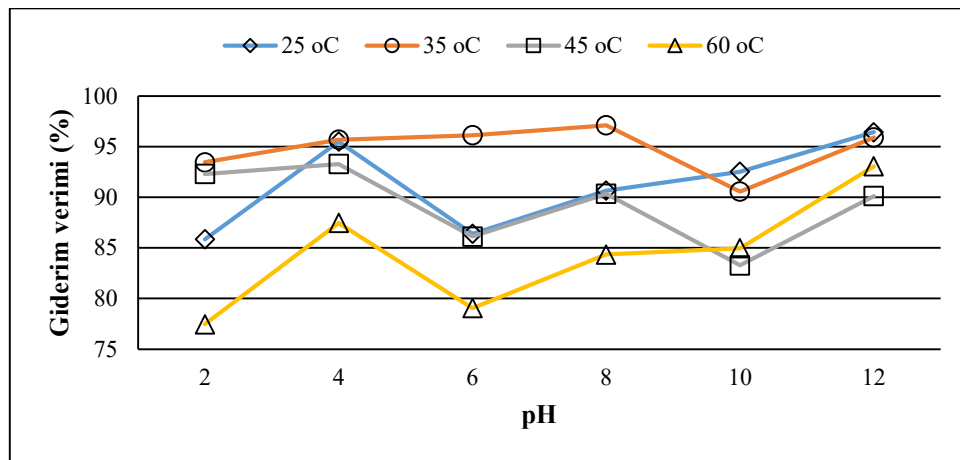
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{1}{Q_0} C_e \quad (3)$$

$Q_0$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ) ve  $b$  ( $\text{L mg}^{-1}$ ) adsorpsiyon kapasitesi ve adsorpsiyon oranı ile ilgili Langmuir sabitleridir,  $q_e$  dengede adsorbe edilen MGY-GE miktarıdır ( $\text{mg g}^{-1}$ ) ve  $C_e$  ise sıvı faz denge konsantrasyonudur ( $\text{mg L}^{-1}$ ) (Weber ve Dıgıano,1996).

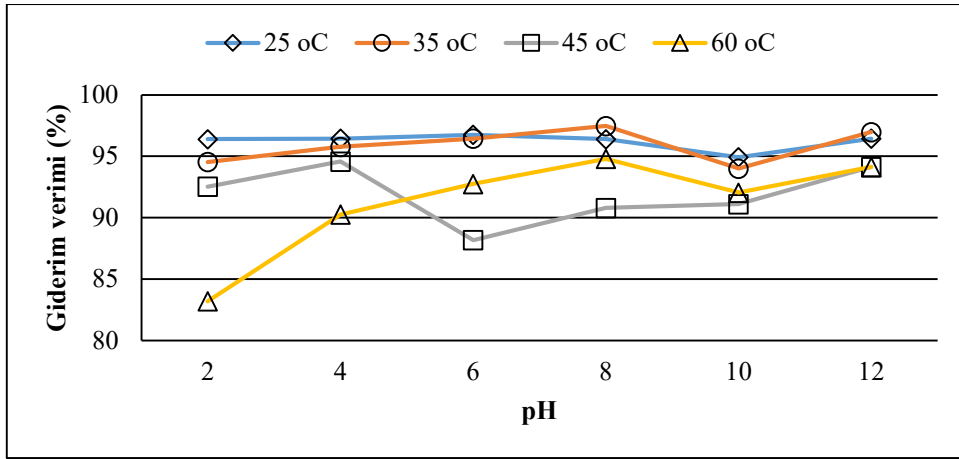
### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. pH'ın Etkisi

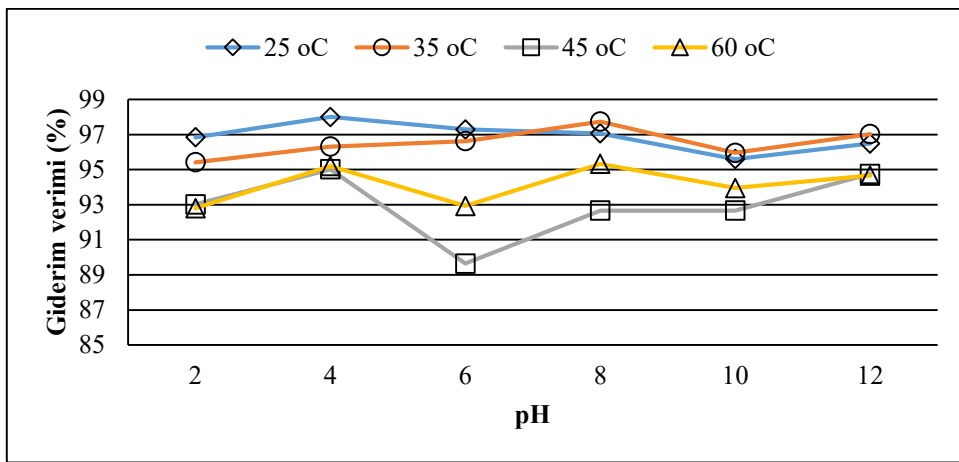
pH ve giderim verimleri incelendiğinde; Şekil 3'de görüldüğü üzere 5 dk adsorpsiyon süresince MGY-GE giderim verimi en yüksek, 25 °C'de pH 12'de (%96.44), 35 °C'de pH 8'de (%97.10), 45 °C'de pH 4'te (%93.28) ve 60 °C'de pH 12'de (%93.06) gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Başlangıç pH'ı ve sıcaklığın  $t=5$  dk için renk giderim verimine etkisi.

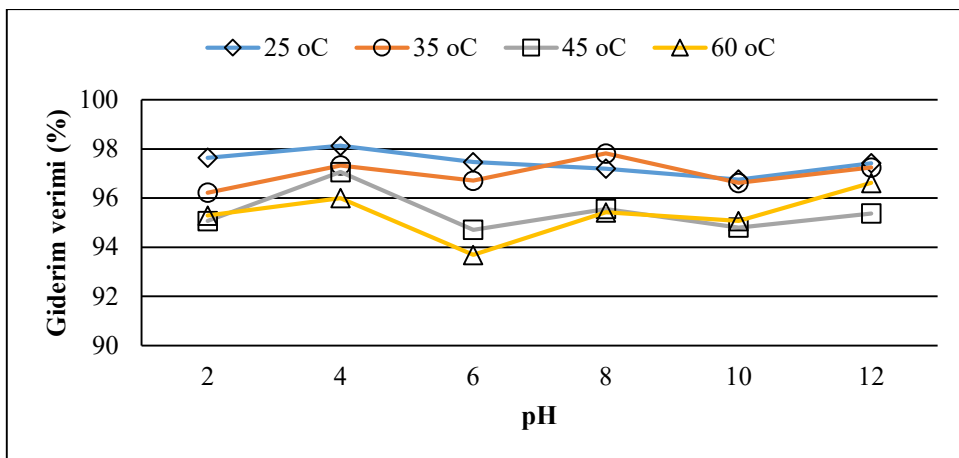


Şekil 4. Başlangıç pH'ı ve sıcaklığın t= 60 dk için renk giderim verimine etkisi.

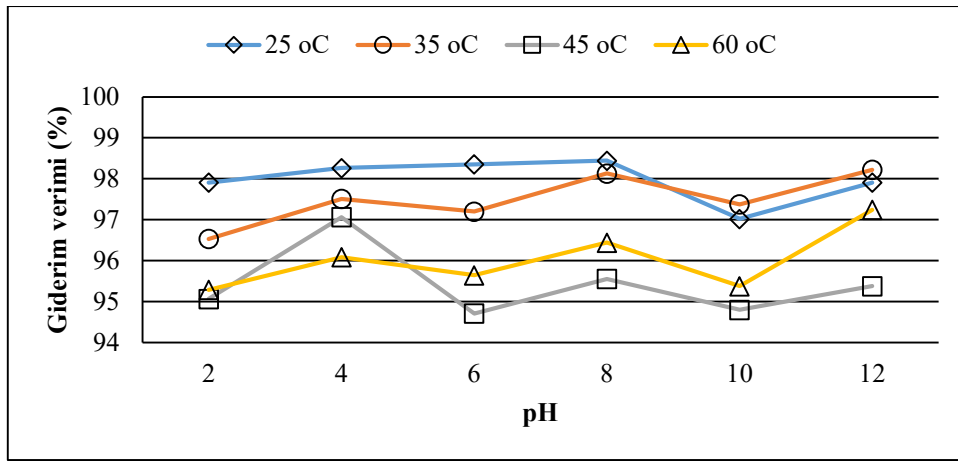


Şekil 5. Başlangıç pH'ı ve sıcaklığın t= 120 dk için renk giderim verimine etkisi.

Deneysel çalışmalar; 60 dk ve 120 dk adsorpsiyon için renk giderimde en yüksek verimin sırasıyla 25 °C ve pH 6'da (%96.75), 25 °C ve pH 4'te (%97.99) olduğunu göstermiştir (Şekil 4, Şekil 5).



Şekil 6. Başlangıç pH'ı ve sıcaklığın t= 240 dk için renk giderim verimine etkisi.

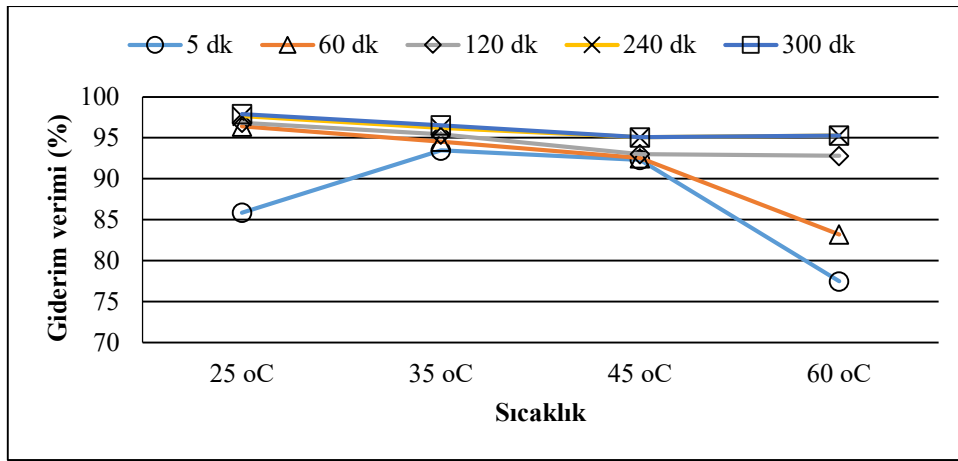


Şekil 7. Başlangıç Ph'ı ve sıcaklığın t= 300 dk için renk giderim verimine etkisi.

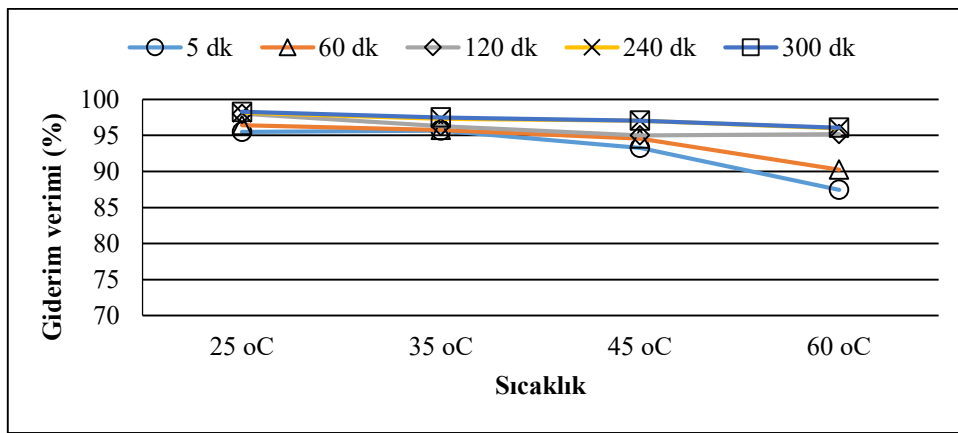
pH ve giderim verimleri 240 dk'lık adsorpsiyon için incelendiğinde renk giderim verimi en yüksek 25 °C için pH 4'te (%98.13), 300 dk'lık adsorpsiyon sürecinde ise 25 °C için pH 8'de (%98.44) olduğunu göstermiştir (Şekil 6, Şekil 7). DK kullanılarak MGY-GE gideriminde temas süresi arttıkça renk giderim verimliliğinin arttığı, optimum sıcaklıkların 25 °C ve 35 °C'de gerçekleştiği belirlenmiştir. Giderimde en yüksek verime, 25 °C sıcaklık, t=300 dakika ve pH 8 koşullarında (%98.44) ulaşılmıştır.

### 3.2. Adsorpsiyon sıcaklığının etkisi

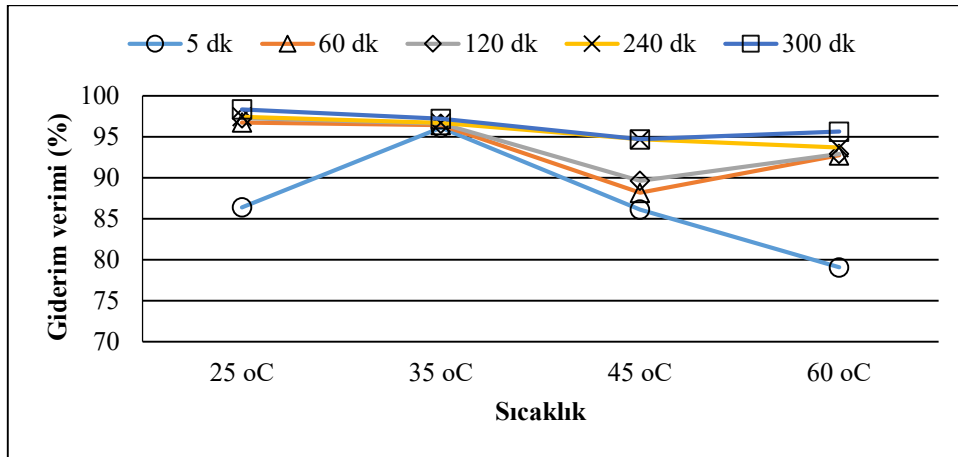
Doğal kil kullanılarak MGY-GE'nin farklı pH'lardaki giderim etkisi Şekil 8-Şekil 13'de gösterilmiştir. Şekil 8'de görüldüğü üzere pH 2'de DK için en ideal adsorpsiyon sıcaklığının 25 °C (%97.90)'de gerçekleştiği belirlenmiştir. Şekil 9 incelendiğinde en düşük renk gideriminin 60 °C sıcaklıkta gözlendiği, pH 4'de ise DK için en ideal adsorpsiyon sıcaklığının 25 °C (%98.26) olduğu belirlenmiştir. MGY-GE boyasının DK ile gideriminde adsorpsiyon sıcaklığının artması durumunda pH 2 ve pH 4'te olumsuz bir etki oluştuğu belirlenmiş olup boya ve DK arasındaki etkileşimin zayıf kaldığı söylenebilir. Bunun sebebinin, düşük pH ortamında H<sup>+</sup> iyonlarının yüzeysel etki alanında bulunan boşlukları kaplaması ve MGY-GE boyasının tutulma kapasitesini engellemesi ile açıklanabilmektedir. Genel olarak adsorpsiyon, sıcaklık artışıyla artarken, sıcaklığın düşmesiyle azalır. Bununla birlikte adsorpsiyon prosesi, ekzotermik bir proses ise adsorpsiyonun büyüklüğü azalan sıcaklıkla artacaktır (Uysal ve Kereci, 2016).



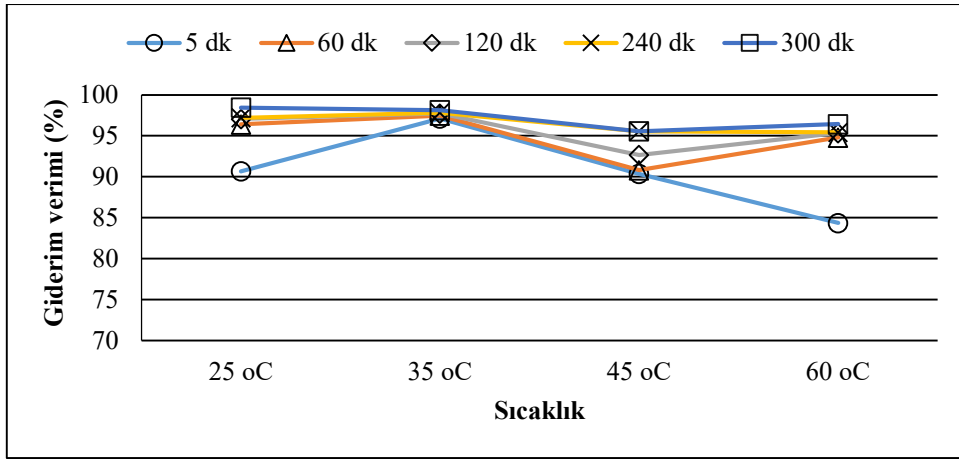
Şekil 8. Farklı sıcaklık ve temas sürelerinin pH 2'deki renk giderim verimine etkisi.



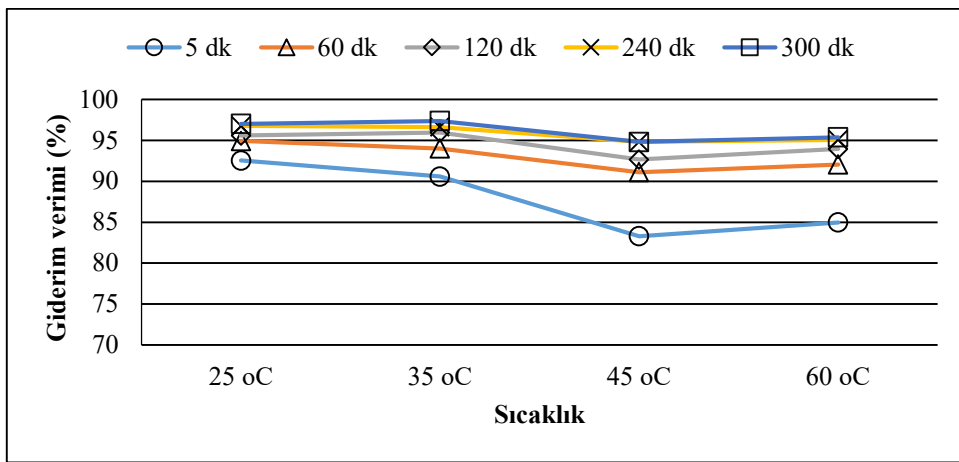
Şekil 9. Farklı sıcaklık ve temas sürelerinin pH 4'deki renk giderim verimine etkisi.



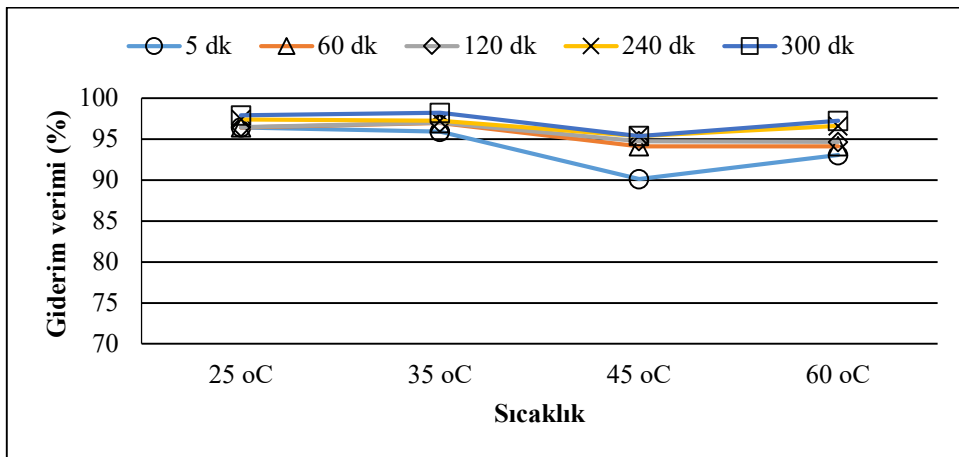
Şekil 10. Farklı sıcaklık ve temas sürelerinin pH 6'daki renk giderim verimine etkisi.



Şekil 11. Farklı sıcaklık ve temas sürelerinin pH 8'deki renk giderim verimine etkisi.



Şekil 12. Farklı sıcaklık ve temas sürelerinin pH 10'deki renk giderim verimine etkisi.



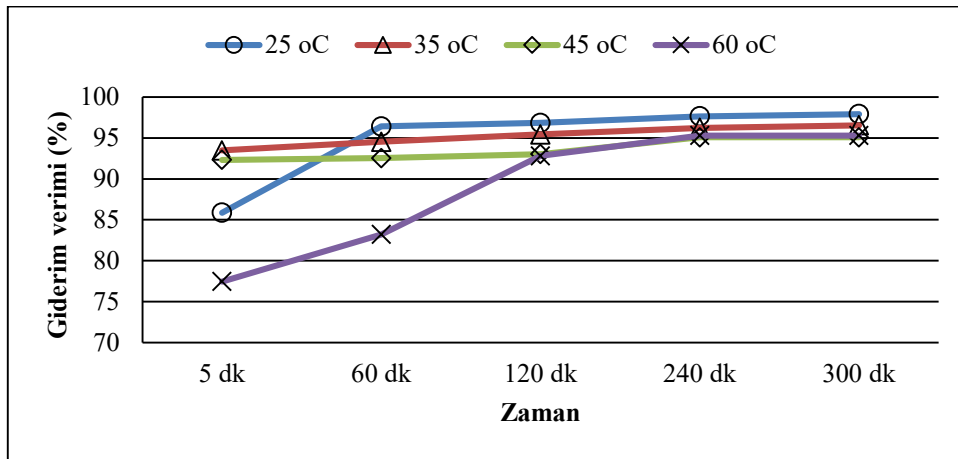
Şekil 13. Farklı sıcaklık ve temas sürelerinin pH 12'deki renk giderim verimine etkisi.

Şekil 10 ve Şekil 11'de görüldüğü üzere; pH 6'da 45 °C sıcaklıkta, pH 8'de 45 °C ve 60 °C sıcaklıklarda renk giderim verimleri düşmüştür. Başlangıç pH'ı 6 ve pH 8 için giderim verimlerinin sırasıyla %98.35 ve %98.44 olması nedeniyle en uygun sıcaklık 25 °C olarak tespit edilmiştir. Başlangıç pH'ı 10'da DK için en uygun adsorpsiyon sıcaklığı 35 °C'de (%97.37), pH 12'de ise 35 °C

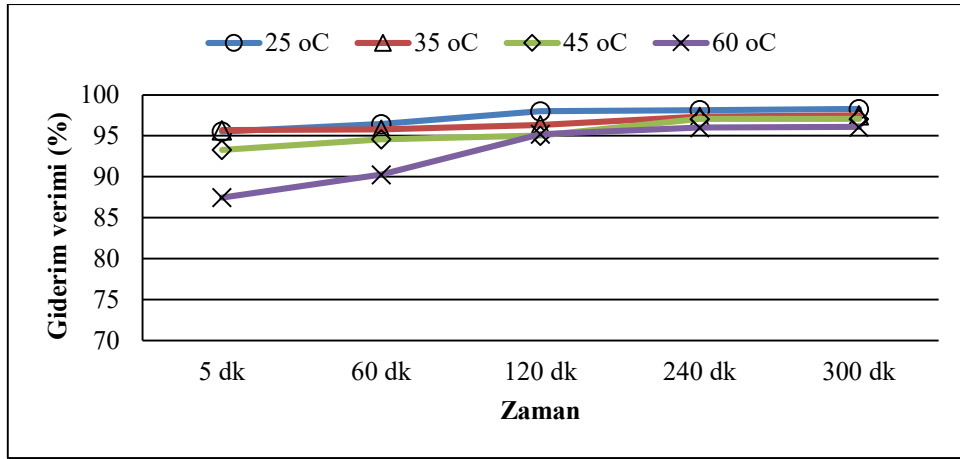
(%98.21)'de belirlenmiş olup 45 °C sıcaklıkta ise en düşük giderim verimleri elde edilmiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında MGY-GE boyası için yüksek renk giderimi, çözelti pH 8'de iken yani bazik ortamda 25 °C'de %98.44 ile gerçekleşmiştir. pH 10 ve pH 12 değerlerinde ise, renk giderimi en yüksek 35 °C'de elde edilmiştir (Şekil 12 ve Şekil 13). Çalışmada, 25°C sıcaklıkta pH arttıkça giderim veriminde bir artış gözlenmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada da pH değerinin artması ile negatif yük yoğunluğu ve negatif yüklü yüzeyin arttığı bunun etkisi ile de adsorpsiyon kapasitesinde artış olduğu belirtilmiştir (Mingfei and Peng, 2009). Yine benzer bir etki, sulu bir çözeltiden bentonit üzerine bazik boya adsorpsiyonu (Gok ve ark., 2010) ve metil violet boyasının perlit ile adsorpsiyonu (Dogan ve Alkan, 2010) için rapor edilmiştir.

### 3.3. Adsorpsiyon temas süresinin etkisi

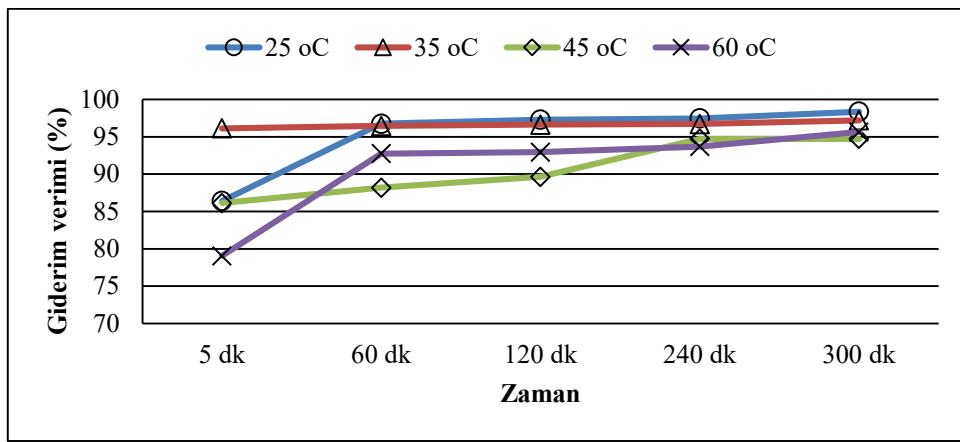
Adsorpsiyon temas süresinin etkisi DK için Şekil 14-Şekil 19'da verilmiştir. Buna göre sıcaklık değerlerinin ve pH değerlerinin tamamında temas süresinin artmasıyla birlikte MGY-GE boyası giderim veriminin de artış gösterdiği belirlenmiştir. Deneysel çalışmadaki renk giderimi ise en yüksek 300. dakikada elde edilmiştir. Kaykıoğlu ve Güneş'in (2014) yapmış olduğu sulu çözeltilerden renk gideriminin araştırıldığı benzer bir çalışmada da temas süresinin arttıkça adsorpsiyonla giderim veriminin arttığını ve belli bir süre sonunda bu değer bir dengeye ulaştığı bildirilmiştir.



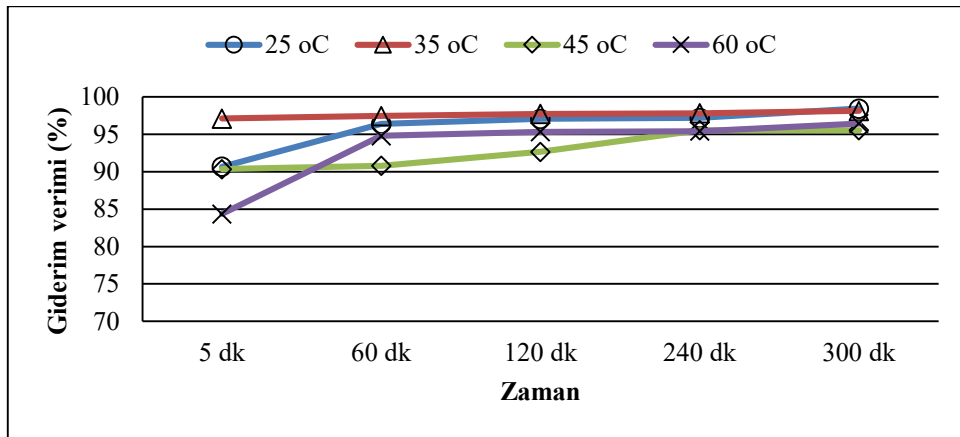
Şekil 14. DK için pH 2'de farklı sıcaklık ve sürelerin verime etkisi.



Şekil 15. DK için pH 4’de farklı sıcaklık ve sürelerin verime etkisi.

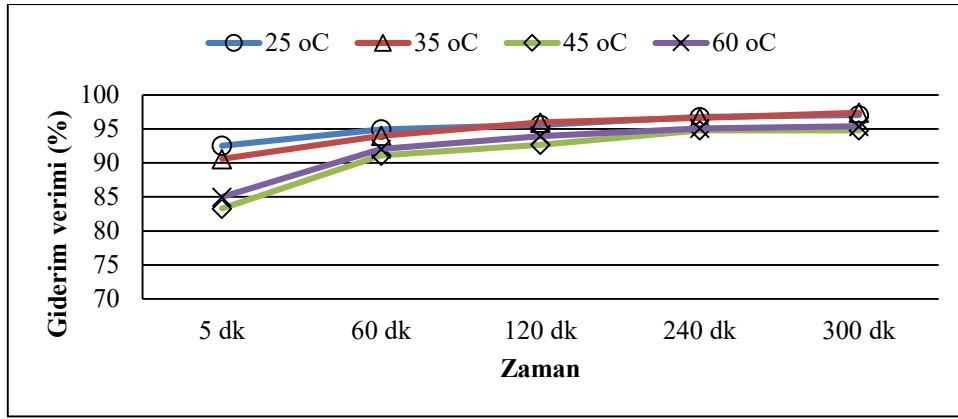


Şekil 16. DK için pH 6’da farklı sıcaklık ve sürelerin verime etkisi.

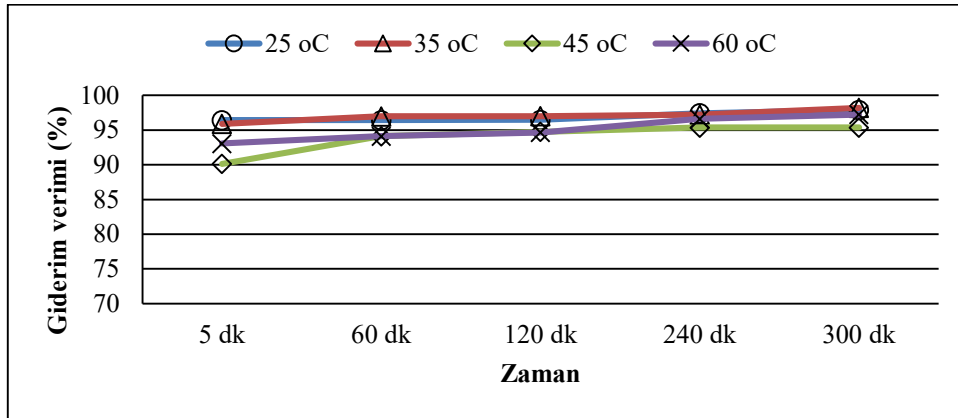


Şekil 17. DK için pH 8’de farklı sıcaklık ve sürelerin verime etkisi.





Şekil 18. DK için pH 10'da farklı sıcaklık ve sürelerin verime etkisi.



Şekil 19. DK için pH 12'de farklı sıcaklık ve sürelerin verime etkisi.

### 3.4. Adsorpsiyon izotermi

#### 3.4.1. 25 oC'deki adsorpsiyon izotermi

Adsorpsiyonun, çok güçlü bir homojen yüzeyde gerçekleştiğini Langmuir eşitliği ifade etmekte olsa da kimyasal heterojenliğin doğal adsorplayıcı maddelerin yapısında bulunması nedeniyle bu durum geçerliliğini yitirmektedir. Tablo 1'de görüldüğü üzere izoterm ve sabitleri için en yüksek  $R^2$  değeri pH 12'de ( $R^2=0.98$ ) elde edilmiştir. Bu nedenle de Langmuir İzotermine DK ile bazik ortam koşulları için daha elverişli olduğu söylenebilir. Adsorbent ile adsorbat arasındaki adsorpsiyon enerjisi değerinin (b sabiti)  $2.43 \times 10^{-4}$ - $13.4 \times 10^{-4}$  L/mg aralığında değiştiği, pH değerinin artmasıyla da adsorbent ile adsorbat arasındaki enerjinin de azaldığı belirlenmiştir. Langmuir İzotermine  $R_L$  değeri önemli bir karakteristik olup ayırma faktörü olarak kullanılmaktadır.  $R_L$  değerinin optimum adsorpsiyon için  $0 < R_L < 1$  arasında olması beklenir (URL-2, 2018). DK için  $R_L$  değerlerinin tüm pH koşullarında 0.82-0.83 aralığında olması yani sıfır ile bir aralığında değişmesi dışarıdan enerjiye

gereksinim duyulmadığını göstermektedir. Yapılan deneysel çalışmaların sonucu Langmuir İzotermine uygun olduğunu göstermektedir.

**Tablo 1.** Farklı pH değerlerindeki Langmuir İzotermi (25 °C).

| Doğal Kil |                   |                            |                           |                         |
|-----------|-------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 25 °C     | Langmuir İzotermi | Langmuir İzoterm Sabitleri |                           |                         |
|           |                   | R <sup>2</sup>             | b×10 <sup>-4</sup> (L/mg) | Q <sub>max</sub> (mg/g) |
| pH 2      | 0.91              | 13.4                       | 156                       | 0.82                    |
| pH 4      | 0.65              | 11.3                       | 185                       | 0.82                    |
| pH 6      | 0.72              | 7.25                       | 285                       | 0.82                    |
| pH 8      | 0.67              | 4.09                       | 500                       | 0.83                    |
| pH 10     | 0.91              | 6.99                       | 294                       | 0.83                    |
| pH 12     | 0.98              | 2.43                       | 833                       | 0.83                    |

Tablo 2’de verildiği üzere, DK için Freundlich İzotermine göre 25 °C ‘deki en yüksek R<sup>2</sup> değeri pH 12’de (R<sup>2</sup>=0.98) gözlenmiştir. Freundlich İzotermelerinde de Langmuir İzotermelerinde ki gibi bazik ortamın daha uygun olduğu tespit edilmiştir. DK için K<sub>f</sub> Freundlich sabitleri 4.92-4.95 mg/g arasında değişmektedir. Adsorpsiyonun yoğunluğuna ilişkin bilgi veren “n” sabiti değerinin birden büyük olması adsorpsiyonun fiziksel olduğunu göstermektedir.

**Tablo 2.** Farklı pH değerlerindeki Freundlich İzotermi (25 °C).

| Doğal Kil |                     |                              |                       |
|-----------|---------------------|------------------------------|-----------------------|
| 25 °C     | Freundlich İzotermi | Freundlich İzoterm Sabitleri |                       |
|           |                     | R <sup>2</sup>               | K <sub>f</sub> (mg/g) |
| pH 2      | 0.98                | 4.93                         | 48.07                 |
| pH 4      | 0.90                | 4.92                         | 42.91                 |
| pH 6      | 0.95                | 4.92                         | 57.47                 |
| pH 8      | 0.92                | 4.93                         | 78.12                 |
| pH 10     | 0.97                | 4.94                         | 72.46                 |
| pH 12     | 0.99                | 4.95                         | 128.20                |

### 3.4.2. 35 oC sıcaklık için adsorpsiyon izotermeleri

Tablo 3’de görüldüğü üzere DK için en büyük R<sup>2</sup> değeri pH 6 ve pH 4’de (R<sup>2</sup>=0.98) gözlenmiştir. Buna göre DK için asidik ortamda Langmuir İzotermine daha uygulanabilir olduğu sonucuna varılmaktadır. Adsorbent ile adsorbat arasında, adsorpsiyon enerjisi (b sabiti) 1.62×10<sup>-4</sup>-7.42×10<sup>-4</sup> L/mg arasında değişim göstermektedir. Araştırmada pH koşullarının tamamında DK için

$R_L$  değerlerinin (0.82-0.95) sıfır ile bir arasında değişim göstermesi adsorpsiyon için dışarıdan herhangi bir enerjiye ihtiyaç duyulmadığını kanıtlamaktadır. Yapılan analizler sonucunda adsorpsiyonun Langmuir İzotermine uyum gösterdiği belirlenmiştir.

**Tablo 3.** 35 °C'de Langmuir İzotermi.

| Doğal Kil |                   |                            |                  |       |
|-----------|-------------------|----------------------------|------------------|-------|
| 35 °C     | Langmuir İzotermi | Langmuir İzoterm Sabitleri |                  |       |
|           | $R^2$             | $b \times 10^{-4}$ (L/mg)  | $Q_{max}$ (mg/g) | $R_L$ |
| pH 2      | 0.96              | 7.42                       | 277              | 0.82  |
| pH 4      | 0.98              | 3.46                       | 588              | 0.83  |
| pH 6      | 0.98              | 3.46                       | 588              | 0.83  |
| pH 8      | 0.97              | 1.62                       | 1250             | 0.83  |
| pH 10     | 0.86              | 7.84                       | 263              | 0.83  |
| pH 12     | 0.90              | 2.03                       | 1000             | 0.83  |

DK için Freundlich İzotermine göre 35 °C sıcaklıktaki en yüksek  $R^2$  değeri pH 2, pH 4, pH 6 ve pH 8'de ( $R^2=0.99$ ) elde edilmiştir (Tablo 4). Bu durum da DK için asidik ortamın uygun olduğuna işaret etmektedir.  $K_f$  Freundlich sabitleri DK için 4.94-4.95 mg/g arasında değişim göstermektedir. n değerinin birden büyük olması adsorpsiyonun fiziksel gerçekleştiğinin kanıtıdır. Adsorpsiyonun Freundlich İzotermine uygun olmadığı söylenebilir.

**Tablo 4.** 35 °C sıcaklık için Freundlich İzotermi.

| Doğal Kil |                     |                              |        |
|-----------|---------------------|------------------------------|--------|
| 35 °C     | Freundlich İzotermi | Freundlich İzoterm Sabitleri |        |
|           | $R^2$               | $K_f$ (mg/g)                 | n      |
| pH 2      | 0.99                | 4.95                         | 72.99  |
| pH 4      | 0.99                | 4.94                         | 107.52 |
| pH 6      | 0.99                | 4.95                         | 108.69 |
| pH 8      | 0.99                | 4.95                         | 156.25 |
| pH 10     | 0.96                | 4.94                         | 65.78  |
| pH 12     | 0.97                | 4.95                         | 133.33 |

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan kesikli deneysel çalışmalar sonucunda; DK için temas süresinin artmasıyla birlikte adsorpsiyon kapasitesinin de belirli bir seviyeye kadar arttığı ve tüm koşullarda en yüksek giderim veriminin 300. dakikada gerçekleştiği tespit edilmiştir. DK kullanılarak renk giderimindeki en uygun

ortam sıcaklığının pH 2, pH 4, pH 6 ve pH 8 koşullarında 25 °C olduğu, pH 10 ve pH 12 koşulunda ise 35 °C olduğu belirlenmiştir. Yüksek kapasiteli boya içeren atıksularda adsorpsiyon ile arıtım yapılırken sıcaklığın artırılması yüksek maliyet anlamına gelmektedir. Ancak MGY-GE boyasının gideriminde kullanılan doğal killerin 25 °C ve 35 °C ortam sıcaklıklarında daha fazla renk giderimini sağlaması bu dezavantajı bertaraf etmektedir. Çalışmada kullanılan doğal kilin gerek adsorpsiyon sıcaklığını arttırmak için dışarıdan bir enerji gereksinimine duyulmaması gerekse de kullanılacak adsorbent miktarı (2.0 g) bakımından çok büyük avantaj sağlamaktadır. Deneysel çalışmalar sonucunda adsorpsiyonun Langmuir İzotermine daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir. 25 °C ve 35 °C ortam sıcaklıklarında adsorbent ile adsorbat arasındaki enerjinin çok daha yüksek olduğu, pH'ın artması adsorbent ile adsorbat arasındaki enerjiyi azalttığı, adsorpsiyonun fiziksel adsorpsiyon olduğu ve dışarıdan bir enerjiye gereksinim olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan doğal kilin çözelti başlangıç pH'ı (7.06-7.18), kation değişim kapasitesi (6 meq/100g, Amonyum Asetat Metodu) ile adsorpsiyon eğrileri birlikte değerlendirildiğinde Kaolinit kilinin kırmızı formu olduğu öngörülmektedir. Boyarmadde kullanılan endüstrilerde ortaya çıkan renkli atıksuların arıtılarak doğaya deşarj edilmesi günümüzde son derece önem kazanmıştır. Sonuç itibariyle; Nevşehir İlinde bol miktarda bulunan doğal kilin kullanılarak sürekli bir sistem ve doğal ortam sıcaklıklarında MGY-GE boyalı atıksularının düşük maliyetli arıtımını sağlamak ekosistem açısından mümkün ve uygulanabiliridir.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Adeyemo, A.A., Adeoye, I.O., Bello, O.S. (2017). Adsorption of Dyes Using Different Types of Clay: A Review. *Applied Water Science*.7:543-568.
- Doğan, M., Karaoğlu, M. H., Alkan, M. (2009). Adsorption Kinetics of Maxilon Yellow 4GL and Maxilon Red GRL Dyes on Kaolinite. *J. Hazard. Mater.*, 165(1-3):1142-51.
- Dogan, M., Alkan, M. (2010). Adsorption Kinetics of Methyl Violet Onto Perlite. *Chemosphere*, 50:517-528.
- Elmoubarki, R., Mahjoubi, F.Z., Tounsadi, H., Moustadraf, J., Abdennouri, M., Zouhri, A., Albani, A. El, Barka, N. (2015). Adsorption Of Textile Dyes On Raw And Decanted Moroccan Clays: Kinetics, Equilibrium And Thermodynamics. *Water Resources and Industry*.9:16–29.
- Freundlich, H.M.F. (1906). Over the adsorption in solution, *J. Phys. Chem*.57:385-471.
- Fytianos, K., Voudrias, E., Kokkalis, E. (2000). Sorption-Desorption Behaviour of 2,4-Dichlorophenol by Marine Sediments. *Chemosphere*.40(1): 3-6.
- Gürses, A., Yalcın, M., Dogar, C. (2002). Electrocoagulation of Some Reactive Dyes: A Statistical Investigation Of Some Electrochemical Variables. *Waste Management*. 22:491-499.
- Gupta, V.K., Suhas, T.L. (2009). Application of Lowcost Adsorbents For Dye Removal-A Review. *Journal of Environmental Management*. 90:2313-2342.
- Gok, O., Ozcan, A.S., Ozcan, A.(2010). Adsorption Behavior of A Textile Dye of Reactive Blue 19 From Aqueous Solutions Onto Modified Bentonite. *Appl. Surf. Sci.* 256:5439–5443.
- Juang, R.S., Wu, F.C., Tseng, R.L. (1997). The Ability of Activated Clay For The Adsorption of Dyes From Aqueous Solutions. *Environmental Technology*.18:525-531.
- Kadhom, M., Albayati, N., Alalwan, H., & Al-Furaiji, M. (2020). Removal of Dyes By Agricultural Waste. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16: 100259.
- Kayacan, S.(2007). *Removal of Dye Materials From Aqueous Solutions by Adsorption on Coals and Cokes*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kalıpcı, E., Sahinkaya, S., Dortkol, M., Aras, S. (2016). Decolorization of Basic Textile Dyes Using A Novel Adsorbent Modification Method: Ultrasonic-Acid Modification. *International Journal of Environmental Research*. 10(1):31-40.
- Kalıpcı, E. (2016). Removal of Methylene Blue From Aqueous Solution by Natural Olive Pomace Modified with Ultrasounds and Acid. *Environment Protection Engineering*. 42(3):5-17.
- Kalıpcı, E. (2019). Adsorption of Cadmium (II) By Using Clays Modified With Ultrasound. *International Journal of Global Warming*.18(2):155-172.
- Kaykioğlu, G., Güneş, E. (2014). Piriç Kabuğu Kullanılarak Üretilen Manyetik Nanopartiküller İle Sulu Çözeltilerden Renk Giderimi, NKUBAP.00.17.AR.12.07 Nolu BAP Projesi, Namık Kemal Üniversitesi, 1-55.
- Kuleyin, A., Aydın, F. (2011). Removal of Reactive Textile Dyes (Remazol Brilliant Blue R And Remazol Yellow) by Surfactant-Modified Natural Zeolite. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 30(2):141-151.
- Li, P., Gao, B., Li, A., Yang, H. (2020). Evaluation of The Selective Adsorption of Silica-Sand/Anionized-Starch Composite For Removal of Dyes and Cupper (II) From Their Aqueous Mixtures. *International journal of Biological Macromolecules*. 149: 1285-1293.
- Mingfei, Z., Peng, L.(2009). Adsorption of Methylene Blue From Aqueous Solutions by Modified Expanded Graphite Powder. *Desalination*, 249 (1):331-336, 2009.
- Ngulube, T., Gumbo, J.R., Masindi, V., Maity, A. (2017). An Update On Synthetic Dyes Adsorption Onto Clay Based Minerals: A State-Of-Art Review. *Journal of Environmental Management*. 191:35-57.
- Ouardi, M. El, Qourzal, S., Alahiane, S., Assabbane, A., Douch, J., (2015). Effective Removal of Nitrates Ions from Aqueous Solution Using New Clay as Potential Low-Cost Adsorbent. *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*.5(4):178-190.
- Öden, M., Küçükçongar, S. (2017). Removal of Dyes from Wastewater by Adsorption Using Modified Boron Enrichment Waste: Thermodynamic Criteria. *Eurasian Journal of Environmental Research*. 1(1):12-18.
- Sun, Q., Yang, L. (2003). The Adsorption of Basic Dyes From Aqueous Solution on Modified Peat-Resin Particle. *Water Research*. 37:1535-1544.
- Tara, N., Siddiqui, S. I., Rathi, G., Chaudhry, S. A., Asiri, A. M. (2020). Nano-Engineered Adsorbent For The Removal of Dyes From Water: A Review. *Current Analytical Chemistry*. 16(1):14-40.

- Uyar, G. (2012). *A Low-Cost Adsorbent For Dye Removal:Methylene Blue Removal By Alginate-Montmorillonite Hybride Beads*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uysal, Y., Kereci, F.N. (2016). Tekstil Atık Külü İle Tekstil Atıksuyundan Renk Giderimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3):82-86.
- URL-1:<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Basic-Yellow-28>, (Erişim Tarihi: 09 Mart 2021).
- URL-2:<http://www.rsc.org/suppdata/c5/ra/c5ra13004b/c5ra13004b1.pdf>,2015.,(Erişim Tarihi:12 Mart 2018).
- Weber, W., Dıgıano, F. (1996). *Process Dynamics in Environmental Systems*. Wiley, 1st Ed.:New York, USA.
- Wu, J., Yang, J., Feng, P., Huang, G., Xu, C., Lin, B. (2020). High-Efficiency Removal Of Dyes From Wastewater By Fully Recycling Litchi Peel Biochar. *Chemosphere*, 246:125734.
- Xia, L., Zhou, S., Zhang, C., Fu, Z., Wang, A., Zhang, Q., ... & Xu, W. (2020). Environment-Friendly Juncus Effusus-Based Adsorbent With A Three-Dimensional Network Structure For Highly Efficient Removal of Dyes From Wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120812.

## First Record of *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897) from Perşembe Plateau Meandering Streams in the Ordu-Turkey

Serdar YEDİER<sup>1\*</sup>, Derya BOSTANCI<sup>2</sup>, Nazmi POLAT<sup>3</sup>

### Abstract

In the current study, for the first time, *Oxynoemacheilus angorae* samples were caught from Perşembe Plateau Meandering Streams in the Ordu-Turkey (Middle Black Sea Region). In the field studies, fifteen *O. angorae* individuals were sampled using electrofishing gear. After the captured samples were photographed, they were placed in fish transfer containers and transferred to the laboratory. Some metric numbers and meristic characteristics of the samples brought to the laboratory were recorded. The mean value of body weight of fish samples was determined as  $2.39 \pm 0.576$  g. The mean values of standard length, fork length and total length of the samples were determined as  $5.48 \pm 0.49$  cm,  $6.23 \pm 0.54$  cm and  $6.56 \pm 0.59$  cm, respectively. The result of this study, new fish species was added to freshwater fish fauna of Ordu and also provided a new data for the distribution areas *O. angorae* in Turkey.

**Keywords:** *Oxynoemacheilus angorae*, Perşembe Plateau Meandering Streams, freshwater fish fauna, Ordu-Turkey.

## *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897) Türünün Perşembe Yaylası Menderesleri Ordu-Türkiye'den İlk Kaydı

### Öz

Bu çalışmada, *Oxynoemacheilus angorae* türü Perşembe Yaylası Menderesleri Ordu-Türkiye (Orta Karadeniz Bölgesi)'den ilk kez kaydedilmiştir. Arazi çalışmalarında, on beş adet *O. angorae* bireyi elektroşoker yardımıyla yakalanmıştır. Yakalanan örnekler fotoğraflandıktan sonra balık transfer kaplarına konularak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerin bazı metrik sayıları ve meristik karakterleri ölçülmüştür. Balık örneklerin ortalama vücut ağırlığı  $2,39 \pm 0,57$  g olarak belirlenmiştir. *O. angorae*'nin ortalama standart boy, çatal boy ve total boy uzunlukları sırasıyla  $5,48 \pm 0,49$  cm,  $6,23 \pm 0,54$  cm ve  $6,56 \pm 0,59$  cm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmayla Ordu ilinin tatlı su balık faunasına yeni bir tür eklenmiş ve *O. angorae* türünün Türkiye'deki yayılış alanı içinde yeni bir veri sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Oxynoemacheilus angorae*, Perşembe Yaylası Menderesleri, tatlı su balık faunası, Ordu-Türkiye.

<sup>1</sup>Ordu University, Faculty of Arts and Sciences, 52200 Ordu-Turkey, serdar7er@gmail.com

<sup>2</sup>Ordu University, Faculty of Arts and Sciences, 52200 Ordu-Turkey, deryabostanci@gmail.com

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Arts and Sciences, 55139 Samsun-Turkey, nazmipolat58@yahoo.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0017-3502> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3052-9805> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-9785-9927>

## 1. Introduction

Turkey freshwater fish fauna has a rich biodiversity, including many endemic, native, and nonnative species (Çiçek et al., 2018). The geographical structure of Turkey is one of the most important factors in this diversity. There are quite a number of lakes, ponds, streams and rivers suitable for fish species in the Ordu province and there are more than 78 lotic and 8 lentic waters within the province borders (Bahtiyar Karadeniz and Sarı, 2018). There are many studies conducted on these freshwater resources in the Ordu. For instance, Melet River (Turan et al., 2008), Turnasuyu Stream (Bostancı et al., 2015), Curi River (Bostancı et al., 2016a), Yalıköy Stream (Bostancı et al., 2016b), Elekçi River (Yılmaz 2016; Saygun, 2021a), Ilıca River (Saygun et al., 2017), and Bolaman Stream (Saygun, 2021b).

The Nemacheilid family has 47 genera and about 696 species all over the world (Froese and Pauly, 2020). This family is represented in 49 species belonging to six genera such as *Turcinoemacheilus*, *Paracobitis*, *Seminemacheilus*, *Barbatula*, *Schistura*, and *Oxynoemacheilus* in Turkish waters. (Kaya et al., 2016; Çiçek et al., 2018; Turan et al., 2019). *Oxynoemacheilus* is the most common species in six genera of the Nemacheilidae family from Turkey, and this genus is represented by 41 species (Çiçek et al., 2019).

Angora loach, *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897) inhabits different habitats such as drainage basin, streams and muddy lakes in Iran, Israel, Jordan, Lebanon, Syria, and Turkey (Froese and Pauly, 2020). Its terra typica is Ankara (Turkey) (Saylar et al., 2020). The conservation status of *O. angorae* was classified as Least Concern (LC) according to the IUCN Red List Criteria (Freyhof, 2014). *O. angorae* individuals feed on benthic invertebrates and spawn the first time commonly at one year (Freyhof, 2014).

## 2. Materials and Methods

This study was conducted in the Meandering Streams at Perşembe Plateau, Aybastı-Ordu, Turkey (Middle Black Sea Region) at 40°38'14.5"N-37°16'35.8"E coordinates (Figure 1). Fish samples were caught using the electrofishing gear at several sampling sites in the Meandering Streams, Aybastı-Ordu, Turkey (Figure 1).

Collected fish samples were fixed in 5% formaldehyde solution and then transferred to the Hydrobiology laboratory at Ordu University for morphological investigation. The samples were identified based on Çiçek et al. (2019) and Froese and Pauly (2020). Meristic counts such as Dorsal fin rays (D), Anal fin rays (A), Pectoral fin rays (P), and Ventral fin rays (V) were performed for each sample. Linea lateral scales were counted on the left side of the fish samples. Body weight (nearest ±



0.1 g) of the samples were recorded, and the total length, fork length, and standard length (nearest  $\pm 0.1$ cm) were measured for each *O. angorae* sample. The smallest and largest samples were photographed.

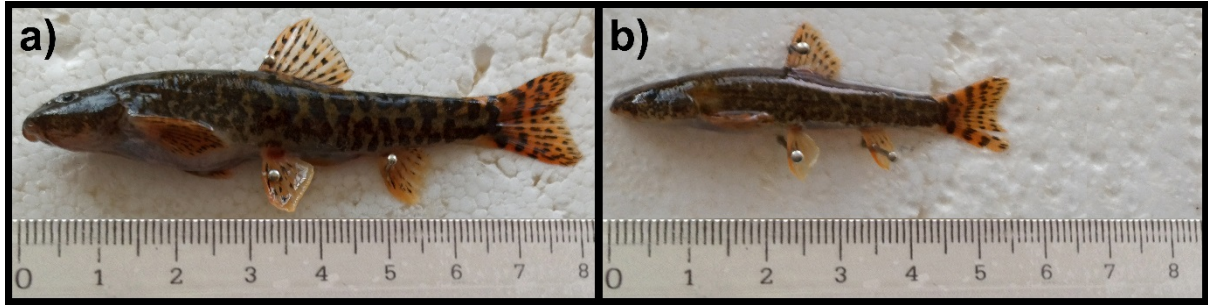


**Figure 1.** Sampling area.

### 3. Findings and Discussion

Ordu is one of the provinces of Turkey with high inland water potential, located in the Middle Black Sea Region. Although there are several studies on the freshwater fish fauna of Ordu (Turan et al., 2008; Dönel, 2012; Bostancı et al., 2015; 2016a,b, 2017; Yılmaz, 2016; Saygun et., 2017; Saygun 2021a, b), there is no report on the presence of *O. angorae* in the fish fauna of Ordu. In the current study, a total of 15 *O. angorae* specimens were caught and the species is a new record for freshwater fish fauna of Ordu-Turkey (Middle Black Sea Region). The smallest and largest samples were present in Figure 2. Body weight of the fish samples is ranged from 1.5 to 4.6 g. Standard length, fork length, and total length of all specimens are ranged from 4.6 to 6.8 cm, from 5.3 to 7.7 cm, from 5.5 to 8.0 cm, respectively. Meristic characteristics of the samples were as D III/7-8, V II/6-7, A III/5, P I/9-10. As a result of the field studies we carried out in the Perşembe Plateau Meandering Streams (Ordu-

Turkey), *O. angorae* in the inland water fish fauna of the Ordu is reported for the first time. Besides, metric and meristic data for this population of this species are presented for the first time.



**Figure 2.** Largest (a) and smallest (b) *O. angorae* samples were captured from Perşembe Plateau Meandering Streams in the Ordu-Turkey.

When the meristic characteristics of *O. angorae* individuals in the literature were examined, it was found that there were slight differences in some meristic characters, although they were generally compatible with the data obtained in the current study (Table 1). These differences are estimated to be caused by the physicochemical characteristics of the sampling sites and some minor genetic differences of the individuals living in the relevant habitats.

**Table 1.** Meristic characters of *Oxynoemacheilus angorae* in different inland waters of Turkey.

|          | This Study                                 | Polat and Uğurlu 2007       | Çoban et al. 2013         | Yıldırım et al. 2015  | Koyun et al. 2018    | Saylar et al. 2018        | Çiçek et al. 2019 |
|----------|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|
| Habitats | <i>Perşembe Plateau Meandering Streams</i> | <i>Samsun inland waters</i> | <i>Uzunçayır Dam Lake</i> | <i>Keban Dam Lake</i> | <i>Göynük Stream</i> | <i>Asarteppe Dam Lake</i> | <i>Lake Hazar</i> |
| D        | III / 7-8                                  | III / 7-8                   | II / 8                    | II-III/ 7-8           | II / 8               | III / 7-8                 | III / 7-8         |
| V        | II / 6-7                                   | II / 6-8                    | I / 6                     | I / 6-7               | I / 7                | I / 7                     | II / 6-7          |
| A        | III / 5                                    | III / 5                     | II / 5                    | II / 5                | II / 5               | III / 5                   | III / 5           |
| P        | I / 9-10                                   | I / 9-11                    | II / 5                    | I / 9-10              | I / 9-10             | I / 9-10                  | I / 9-11          |

\*D:Dorsal fin rays; V:Ventral fin rays; A:Anal fin rays; P:Pektoral fin rays

The Angora loach was reported in many Turkish inland waters such as Özkan et al. (2009) in the Kars river (Kars), Çoban et al. (2013) in the Uzunçayır Dam Lake (Tunceli), Gaygusuz et al. (2013) in the Balıklı Stream (Muğla), Erk'akan et al. (2014) in the Söğütözü Creek (Ankara), Yıldırım et al. (2015) in the Keban Dam Lake (Elazığ), Birecikligil et al. (2016) in the Kızılırmak River Basin (Nevşehir), Korkmaz and Zencirtanır (2016) in the Kirmir Stream (Sakarya), Yazıcıoğlu and Yazıcı (2016) in the Kılıçözü Stream (Kırşehir), Sağlam et al. (2017) in the Lake Hazar (Elazığ), Saylar et al. (2018) in the Asarteppe Dam Lake, Çiçek et al. (2019) in the Çubuk Stream (Sakarya), and Turan et al. (2019) in the Black Sea basin (Turkey).

In the current study, meristic characteristics of *O. angorae* were determined as D III/7-8, V II/6-7, A III/5, and P I/9-10 for Perşembe Plateau Meandering Streams population. Although these meristic characters are inappropriate intervals at the point of determining the species and show consistency in general when compared with the populations in other regions, it was determined that these meristic characters show some slight differences in the populations (Polat and Uğurlu, 2007; Çoban et al., 2013; Yıldırım et al., 2015; Koyun et al., 2018; Saylar et al., 2018; Çiçek et al., 2019). For instance, the number of anal fin rays was reported as A III/5 for Samsun inland waters, Asartepe Dam Lake, and Lake Hazar populations and it was A II/5 for Uzunçayır Dam Lake, Keban Dam Lake, and Göynük Stream populations. Similarly, the number of pectoral and ventral fin rays varies between populations in different ecosystems of the species (Table 1). When the literature is examined, the lowest value in the number of pectoral fin rays, which is one of the meristic characteristics, was reported in the Uzunçayır Dam Lake population (Çoban et al., 2013). Therefore, it should not be forgotten that ecosystem differences can affect both metric and meristic characteristics of fish species. More than one source and methodology should be used together, especially when making species discrimination and identification.

Relevant studies in the literature with this fish species examined in detail, it has been reported that the presence in different regions of Turkey, however, there is no information on the presence of the Ordu inland waters before. Therefore, this is the first record of *O. angorae* in the Ordu inland waters of the Middle Black Sea Region. Perşembe Plateau was declared a Tourism Center in 1991 with the decision of the Council of Ministers in Turkey. There are six meandering streams in the Perşembe Plateau at an altitude of 1500 meters, and they are a potential candidate for UNESCO World Cultural Heritage (Bahtiyar Karadeniz and Sarı, 2018; URL-1).

#### 4. Conclusions and Recommendations

In the current study, the fact that *O. angorae* has been reported only in the meandering streams from the inland waters of Ordu proves that the meandering streams are suitable for the life of this species and that this is the only distribution area of the species in the Ordu. For this reason, *O. angorae* and the meandering streams are very important for fish biodiversity in the Ordu. However, animal husbandry and tourism activities are carried out in suitable seasons in the Perşembe Plateau within the borders of Ordu province. It is necessary to preserve the naturalness of the meandering streams, which is an important center of attraction for Ordu, and to determine whether the fish species living in these meandering streams are affected by these activities and to monitor them.

## Authors' Contributions

SY, DB, and NP performed data collection and analysis. SY and DB designed the research and writing manuscript. All authors discussed the results and contributed to the final manuscript.

## Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

## Statement of Research and Publication Ethics

The authors declare that this study complies with Research and Publication Ethics.

## References

- Bahtiyar Karadeniz, C., and Sari, S. (2018). Evaluation of tourism potential based on natural resources of Ordu province. *The Journal of International Social Research*, 61(11),741-759. DOI:10.17719/jisr.2018.2968
- Birecikligil, S. S., Çiçek, E., Öztürk, S., Seçer, B., and Celepoğlu, Y. (2016). Length-length, length-weight relationship and condition factor of fishes in Nevşehir Province, Kızılırmak River Basin (Turkey). *Acta Biologica Turcica*, 29(3), 72-77.
- Bostancı, D., İskender, R., Helli, S., and Polat, N. (2015). The determination of fish fauna of Turnasuyu Stream (Ordu). *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 1-9.
- Bostancı, D., İskender, R., Helli, S., and Polat, N. (2016a). The fish of the Curi Stream (Ordu) and invasive fish species *Carassius gibelio* (Bloch, 1782). *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 2(1), 11-19. DOI:10.3153/JAEFR16002
- Bostancı, D., Darçın, M., and Helli, S. (2016b). A study on the investigation of fish fauna of Yalıköy Stream (Ordu). *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 146-157.
- Bostancı, D., Yedier, S., Konaş, S., Kurucu, G., and Polat, N. (2017). Length-weight, length-length relationships and condition factors of some fish species in Yalıköy Stream (Ordu-Turkey). *Aquaculture Studies*, 17(4), 375-383. DOI:10.17693/yunusae.v17i31121.339920
- Çiçek, E., Eagderi, S., and Sungur, S. (2019). *Oxynoemacheilus phoxinoides* (Erk'akan, Nalbant & Özeren, 2007): a junior synonym of *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897). *FishTaxa*, 4(1), 13-17.
- Çiçek, E., Fricke, R., Sungur, S. & Eagderi, E. (2018). Endemic freshwater fishes of Turkey. *FishTaxa*, 3(4), 1-39.
- Çoban, M. Z., Gündüz, F., Yüksel, F., Demirel, F., Yıldırım, T., and Kurtoğlu, M. (2013). Fish fauna of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli). *Aquaculture Studies*, 13(2), 35-44. DOI:10.17693/yunusae.v2013i21905.235421
- Dönel, E. K. (2012). *Gaga Gölü (Ordu-Türkiye) balık faunasının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Erk'akan, F., Innal, D., and Özdemir, F. (2014). Length-weight relationships for some endemic stone and spine loach species in Anatolia. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(1), 244-245. DOI:10.1111/jai.12260
- Freyhof, J. (2014). *Oxynoemacheilus angorae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T14493A19849461.
- Froese, R., and Pauly, D. (2020). Fishbase, Species list: *Oxynoemacheilus angorae*, [Date Accessed: 2021 Jan 5]. Available from <https://www.fishbase.se/summary/25993>
- Gaygusuz, Ö., Aydın, H., Emiroğlu, Ö., Top, N., Dorak, Z., Gürsoy Gaygusuz, Ç., Başkurt, S., and Tarkan A. S. (2013). Length-weight relationships of freshwater fishes from the western part of Anatolia, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(1), 285-287. DOI:10.1111/jai.12015

- Kaya, C., Turan, D., and Ünlü, E. (2016). The latest status and distribution of fishes in upper Tigris River and two new records for Turkish freshwaters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16, 545-562. DOI:10.4194/1303-2712-v16\_3\_07
- Korkmaz, A., and Zencirtanır, Ö. (2016). Fish species biodiversity in Kirmir Stream of Sakarya River, Turkey. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(3), 145-151. DOI:10.17216/limnofish.267103
- Koyun, M., Gül, B., and Korkut, N. (2018). The fish fauna of Göynük Stream (Bingöl). *Commagene Journal of Biology*, 2(1), 39-47. DOI:10.31594/commagene.403367
- Özkan, O., Gül, S., Keleş, O., Aksu, P., Kaya, T. Ö., and Nur, G. (2009). The investigation of the mutagenic activity of Kars River sediments on *Orthrias angorae* (Steindahner, 1897). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(1), 35-40.
- Polat, N., and Uğurlu, S. (2007). *Samsun ili tatlı su balık faunası*. Ladik Doğayı ve Çevreyi Koruma Derneği, Samsun, Türkiye.
- Sağlam, N., Şen, B., Alnay, M., Dartay, M., Özbay, Ö., Tuğyan, H. P., Türker, A., Ateşşahin, T., and Sapmaz, M. (2017). Fish and fisheries in Lake Hazar. *2nd Workshop on National Environment and Water Management*, 11-12 May 2017. Elazığ, Turkey.
- Saygun, S., Turan, D., Saygun, F., Kabadayı, M., Yılmaz, H., and Ataç, T. (2017). Contributions to fish fauna of the Ilıca River Fatsa/Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 10(2), 141-154.
- Saygun, S. (2021a). The new record native and non-native species for the ichthyofauna of Elekçi River (Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 14(1), 13-23. DOI:10.46309/biodicon.2021.798644
- Saygun, S. (2021b). The fishes of the Bolaman Stream, Northern Turkey. *Aquatic Research*, 4(1), 38-54. DOI:10.3153/AR21004
- Saylar, Ö., Gül, G., Yılmaz, M., and Gül, A. (2018). Fish fauna in Asartepe Dam Lake (Ankara). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 4, 90-97. DOI:10.17216/LimnoFish.426094
- Saylar, Ö., Ata, B., and Firidin, B. (2020). Some population characteristics of *Oxynoemachellus angorae* (Steindachner, 1897) living in Ankara Asartepe Dam Lake. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(4), 711-716. DOI:10.35229/jaes.824177
- Turan, D., Kaya, C., Kalaycı, G., Bayçelebi, E., and Aksu, İ. (2019). *Oxynoemacheilus cemali*, a new species of stone loach (Teleostei: Nemacheilidae) from the Çoruh River drainage, Turkey. *Journal of Fish Biology*, 94, 458-468. DOI:10.1111/jfb.13909
- Turan, D., Taş, B., Çelik, M., and Yılmaz, Z. (2008). Fish fauna of the lower part of River Melet (Ordu, Turkey). *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2(5), 698-703. DOI:10.3153/jfsc.com.2008037
- URL-1. Perşembe Yaylası-Aybastı/Ordu; [Date Accessed 2021 Jan 5]. Available from <https://ordu.ktb.gov.tr/TR-130730/persembe-yaylasi-aybastiordu.html>
- Yazıcıoğlu, O., and Yazıcı, R. (2016). The length-weight, length-length relationship and condition factor of Angora loach, *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897) inhabiting Kılıçözü Stream in Kızılırmak River Basin (Central Anatolia Turkey). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(12), 1165-1168. DOI:10.24925/turjaf.v4i12.1165-1168.973
- Yıldırım, T., Şen, D., Eroğlu, M., Çoban, M. Z., Demiroğlu, F., Gündüz, F., Arca, S., Demir, T., Gürçay, S., Uslu, A. A., and Canpolat, İ. (2015). The fish fauna of Keban Dam Lake, Elazığ, Turkey. *Firat University Journal of Science*, 27(1), 57-69.
- Yılmaz, E. (2016). Fish fauna of the Elekçi River (Fatsa/Ordu). *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 11(2), 1-12.

## Gayrimenkul Davalarının Mesleki ve Teknik Bilgiyle Etkin Yönetimi İçin Ulusal Yargı Ağı İle Bütünleşik Bir Arazi Yönetimi Veri Modeli Geliştirilmesi

Yakup E. ÇORUHLU<sup>1</sup>, Tugay TOLUDAN<sup>2</sup>, Volkan BAŞER<sup>3\*</sup>, Okan YILDIZ<sup>4</sup>, Bayram UZUN<sup>5</sup>

### Öz

Mülkiyetine müdahale edildiğini iddia eden herhangi bir kişi temel insan haklarından olan mülkiyet hakkını korumak için dava açma hakkını kullanabilir. Bu davalarda mülkiyetin varlığı ve yapılan müdahalenin niteliği başta olmak üzere bazı belge, bilgi ve iddia birlikte değerlendirilir. Tüm verileri ve delileri birlikte değerlendiren yargı makamları, yazılı hukuk kurallarına süreci sonlandıracak kararı verir. Aslında, mahkemenin verdiği karar hâkimin yaptığı hukuki değerlendirme dışında birçok faktöre de bağlıdır. Bunlar; belge temini, davaya özgü mesleki özelliklere göre bilirkişi seçimi, olayı netleştirecek soruların belirlenmesi, bilirkişi raporunun içeriği ve doğruluğu ve gereken ideal olarak sıralanabilir. Genel problem durumu niteliğindeki mevcut sorunlar ve çözüm önerilerinin alınması adına, bu çalışmada anket yöntemi veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Çevrimiçi anketler, çoğunluğu akademisyen olan mühendislerden oluşan örneklem grubuna iletilmiştir. Ardından, e-devlet bileşeni olan Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TAKBİS) ve Ulusal Yargı Ağı Projesi (UYAP) ile uyumlu bir şekilde gayrimenkul dava süreçleri Birleşik Modelleme Dili (UML) diyagramları ile semantik olarak modellenmiştir. Statik model, e-devlet içinde ve UYAP altındaki diğer tüm e-devlet sistemleri ile bütünleşmiş bir şekilde çevrimiçi olarak çalışabilir nitelikte UML şemaları ile tasarlanmıştır. Bu konuda araştırma yapacak olanlara, izah edilen metodolojiye uygun farklı dava konuları ile ilgili e-devlet ve UYAP içinde model tasarımı yapmaları önerilmektedir. Ancak, böyle bir tasarımın uygulanmasında; mesleki ve teknik bilgi sahibi kişiler, avukatlar ve yargıçların geliştirilen anketler ve yarı yapılandırılmış mülakat formları ile çözüm önerileri de alınmalıdır. Bu sayede sistemin tüm taraflarının beklenti ve önerileri elde edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Mülkiyet hakkı, gayrimenkul davaları, nesne yönelimli, veri modeli, bilirkişilik, e-devlet

## Developing an Integrated Land Management Data Model with the National Judiciary Network for Effective Management of Real Estate Cases with Professional and Technical Knowledge

### Abstract

Any person who claims that his property has been interfered with can exercise his right to sue to protect his fundamental human right to property. In these cases, some documents, information and claims, especially the existence of property and the nature of the intervention made, are evaluated together. Judicial authorities, which evaluate all data, claims and evidence together, make the decision to terminate the process in written legal rules. In fact, the court's decision depends on many factors other than the legal assessment made by the judge. These are the provision of some legal documents, the selection of experts according to the professional characteristics of the case, the determination of the questions to clarify the case, the content and accuracy of the expert report and the ideal duration required. The questionnaire method was used as a data collection tool in this study in order to clarify the current problems and solution suggestions. Online questionnaire form was delivered to a sample group of engineers, most of whom were university academics. Then, real estate lawsuit processes were modelled semantically with Unified Modelling Language (UML) diagrams in accordance with the e-government component, the Turkish National Geographic Information System (TAKBIS) and the National Judicial Network Project (UYAP). The static model has been designed with UML schemes that is able to work online in e-government and integrated with all other e-government systems under UYAP. Those who will do research on this subject are recommended to design a model in e-government and UYAP on different case issues in accordance with the methodology explained. However, in the implementation of such a design; solution suggestions should also be taken from people with professional and technical knowledge, lawyers and judges through the developed questionnaires and maybe semi-structured interview forms. In this way, expectations and suggestions of all parties of the system can be obtained.

**Keywords:** Right to property, real estate based lawsuits, object oriented, data model, expertise, e-government

<sup>1,2,4,5</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye, yecoruhlu@ktu.edu.tr, toludantugay@gmail.com, okan.yildiz@ktu.edu.tr, buzun@ktu.edu.tr

<sup>3</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 28200 Giresun, Türkiye, volkan.baser@giresun.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8673-603X>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-0152-1177>

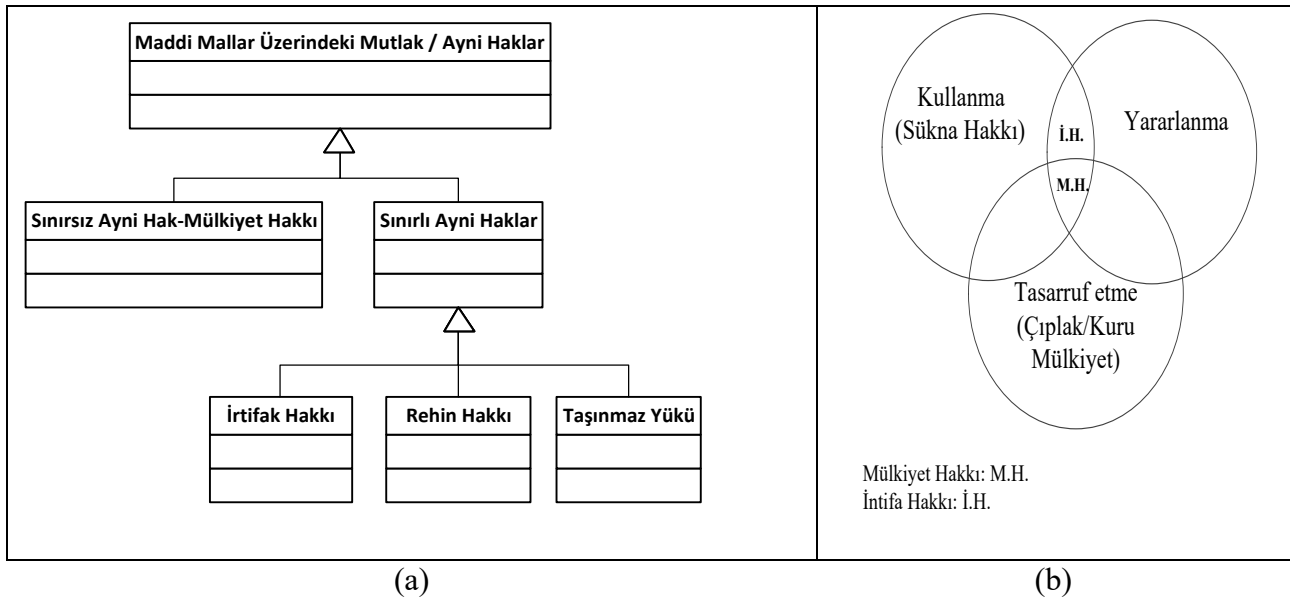
<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-5353-2287>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-7664-5361>

<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0001-6492-6820>

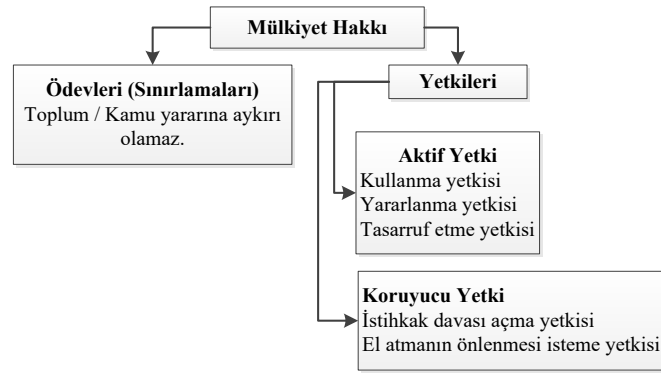
## 1. Giriş

Mülkiyet hakkı Eflatun ve Aristo'dan bu yana en çok tartışılan kavramlardan biridir. Mülkiyet hakkı, eşya üzerinde en geniş yetkileri sağlayan aynı bir haktır (Özdemir, 2018; Özel, 2006). Dünya'da mülkiyet hakkına yönelik; klasik, sosyalist ve karma olmak üzere üç farklı yaklaşım bulunmaktadır (Gözler, 2019). Klasik görüşe göre birey devlet ortaya çıkmadan önce de bazı haklara sahiptir. Dolayısıyla bireylerin sahip olduğu hakların kaynağı devlet değildir (Etgü, 2009). Klasik yaklaşımın en katı şekli, devletin mülkiyet hakkına kesinlikle müdahale etmemesini öngörür (Eren, 1977). Özel mülkiyeti insanın insanı sömürmesinin en önemli sebebi olarak gören sosyalist yaklaşım ise mülkiyetin toplumsallaştırılmasını savunur (Eren, 1977). Bu görüşe göre mülkiyetin toplum yerine bireyde olması birçok sosyal adaletsizliği doğurmaktadır (Şimşek, 2010). Karma görüş ise, kamu yararı ile özel mülkiyetin kısıtlanabileceği ilkesine dayanmaktadır (Eren, 1977; Eren, 2012). Mülkiyet; elinde bulundurmanın özelliğine göre ise, özel ve kamu mülkiyeti olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Bruce, 1998). Taşınmaz mülkiyetinin konusunu; arazi, arsa ve bina olarak ifade edilen eşyaları oluşturmaktadır (Dale & McLaughlin, 1999). Mülkiyet hakkı sahibine bu eşyalar üzerinde kullanma, yararlanma ve tasarruf etme hakkını vermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Mülkiyet hakları: (a) kavramsal model, (b) Mülkiyet haklarının Venn diyagramı (Coruhlu vd., 2020).

Sınırsız bir aynı hak olarak tanımlanan mülkiyet hakkı, taşınmaz malikine bazı ödev ve yetkiler de yüklemiştir (Şekil 2). Türk Anayasası'nın 35'inci maddesi ile Türk Medeni Kanununun (TMK) 683'üncü maddesi, mülkiyet hakkını doğrudan anayasal güvence altına almıştır (Çoruhlu vd., 2016).



**Şekil 2.** Mülkiyet Hakkının Ödev ve Yetkileri

Malik, eşya üzerinde yasaların öngördüğü biçimde dilediği gibi tasarruf edebilme imkânına sahiptir (Coruhlu vd., 2020). İki ya da daha fazla taraf arasında fikir ayrılıkları veya menfaat çatışmalarından doğan uyuşmazlıkları, devlet adına çözüme kavuşturma mercii bağımsız mahkemelerdir. Mahkemelerin tabii olduğu kuralların sebep olduğu bürokrasi, zaman zaman uyuşmazlıkların çözüme kavuşturulması sürecini karmaşık hale getirebilmektedir (Türk, 2005). Hukuki uyuşmazlıkların karmaşıklığı, dava konuları özelinde uzmanlık sahibi kişilere olan ihtiyacı artırabilmektedir. Hâkimin, hukuki unsurlar etrafında çözümleyemediği, özel veya teknik bilgi gerektiren, davalar olabilmektedir. Bu tip davalarda konu hakkında uzmanlığı bulunan kişilere başvurulması, davanın sonucu açısından önemlidir (Akil, 2011).

Taraflar; mülkiyet hakkı, sınırlı bir aynı hak veya gayrimenkulü esas alan bir sözleşmeye dayanarak birbirlerine karşı çok sayıda dava açabilmektedir. Mülkiyet hakkı, mülkiyete konu eşyanın kullanımı, yararlanılması ve eşya üzerindeki tasarruf edilmesi hususunda hak sahibine yetkiler sunar. Bu yetkilerin ihlali durumunda, hak sahibine yasal yollara başvurabilir (Özdemir, 2018).

### 1.1. Problemin tanımı ve çalışmanın amacı

Gayrimenkul davalarında anayasal olarak güvence altına alınmış mülkiyet hakkı ve dava açma hakkı ile karşılaşmaktadır. Bu davalarda bilirkişilerin seçimi ile bilirkişi raporunun gerekli verileri içerecek şekilde özenle hazırlanması son derece önem arz etmektedir. Bilirkişilik hizmeti davaların sonuçlandırılmasında uzman görüşüne ihtiyaç duyulması durumunda başvuru bir yöntem (Akil, 2011; Güler & Karaca, 2017; Meriç vd., 2016; Papakçı, 2016) olmasına rağmen, davaların türüne göre bilirkişi raporlarında hangi bilgi/belgelerin bulunması gerektiğine dair standart bir veri paylaşımına ulaşılamamaktadır. Mülkiyete yönelik bu özel ve teknik bilgi; başta sınırsız aynı hak olan mülkiyet hakkı, sınırlı aynı haklar, tapu sicilindeki kısıtlamalar ve sınırlamalar, kadastro tekniği, imar hakları vb.dir. Arazi idaresi kavramı taşınmaz yönetimi altında esasında taşınmazlara yönelik tüm grafik ve sözel verilerin ele alındığı bir yönetim sistemidir. Bilirkişi ve uzman marifeti ile arazi



idare sisteminde olması beklenen taşınmazlara yönelik özel ve teknik bilgilere sağlıklı bir şekilde eriştikten sonra, mahkemeler daha hızlı kararlar verilebilir. Diğer bir husus ise, gayrimenkul davaları ile meslek disiplini ilişkinlerinin kurulmasıdır. Bu konu da mahkemeler, farklı heyetlerin verdiği çok farklı uzman görüşleri ile baş başa kalabilmektedir. Yargılama sırasında uzmanlık alanı ve bilirkişi seçiminden, gerekli bilgi ve belgelerin belirlenmesi sürecindeki sorunlar bir problem durumu olarak bu çalışmada ele alınmıştır.

Çalışmada öncelikli olarak, mevcut durumun analiz edilmiştir. Diğer taraftan anket yöntemi ile meslek disiplinlerinde lisans düzeyinde (Çoruhlu ve Demir, 2014) verilen derslerin dava konuları ile ilişkisi, çalışmaya konu meslek disiplinlerinin taşınmaz tabanlı davaların hangilerinde ne kadar sıklıkla görev aldığı ve ne kadar rapor hazırlandığı gibi bilgilere erişmek ilk aşamada hedeflenmiştir. Zira dersler taşınmaz davalarına ilişkin konuları da içerdiğinden dolayı olarak dava konuları ile dersler ve mesleki disiplinlerin ilişkilendirilmesi de sağlanabilir. Ardından, arazi idare sistemi içindeki taşınmazlardan davalara konu olanlarının, davaya ilişkin grafik ve sözel verilerini ele alan, bu verileri e-devlet içindeki sorumlu kurumlar üzerinden sağlamaya imkân veren nesne tabanlı bir veri tabanı tasarımı gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

## 1.2. Literatür

### 1.2.1. Türk Yargı Sistemi

Türk Anayasası'nın dokuzuncu maddesine göre yargı yetkisi Türk milleti adına bağımsız ve tarafsız mahkemelerce kullanılmaktadır (Resmi Gazete, 1982b). Türk Yargı Sistemi, anayasa yargısı, adli yargı, idari yargı, mali yargı ve uyuşmazlık yargısı olmak üzere beş grupta toplanmaktadır (Benli, 2015; Görgülü, 2005; Küçükyağcı, 2012). Adli ve idari yargıyı temsil eden uyuşmazlık yargısının teşkilat yapısı ise tablo 1'de sunulmuştur.

Türkiye'de adli yargı, ilk derece, ikinci derece ve üst derece mahkemelerinden oluşan üç dereceli bir yargılama sistemine sahiptir (Küçükyağcı, 2012).

Adli yargı; diğer yargı kollarının görev kapsamı dışında kalan ve genellikle özel hukukun konusu olan davalarla ilgilenir (Yeşil, 2015). Adli yargı ceza yargısı ve medeni yargı olmak üzere sınıflandırılır (Benli, 2015; Küçükyağcı, 2012; Yeşil, 2015). Hukuk yargısı, sulh ve asliye hukuk mahkemeleri ile özel kanunlarla kurulan diğer uzmanlık mahkemelerinden oluşur (Küçükyağcı, 2012; Yeşil, 2015).

**Tablo 1.** Uyuşmazlık yargısı teşkilat şeması

|                                  | <i>Adli Yargı</i>   |  | <i>İdari Yargı</i>      |                   |
|----------------------------------|---|--|-------------------------|-------------------|
|                                  | Hukuk mahkemeleri   | Ceza mahkemeleri   |                         |                   |
| <i>İlk derece mahkemeleri</i>    | Asliye Hukuk M.<br>Sulh Hukuk M.<br><u>Uzmanlık M.</u><br>Aile M.<br>Ticaret M.<br>İş M.<br>Tüketici M.<br>İcra Hukuk M.<br>Fikri ve Sınai Haklar M.<br>Kadastro M. | Asliye Ceza M.<br>Ağır Ceza M.<br><u>Uzmanlık M.</u><br>Çocuk M.<br>Çocuk Ağır Ceza M.<br>İcra Ceza M.<br>Fikri Sınai Haklar M.<br>Ceza M. | İdare Mahkemeleri       | Vergi Mahkemeleri |
| <i>İkinci derece mahkemeleri</i> | Bölge Adliye Mahkemeleri  |  | Bölge İdare Mahkemeleri |                   |
| <i>Yüksek mahkemeler</i>         | Yargıtay  |  | Danıştay                |                   |
|                                  | Uyuşmazlık Mahkemesi  |  |                         |                   |

İlk derece mahkemeler, bir davayı ilk evrede gören, ilk kararı veren mahkemeler olarak tanımlanır (Küçükyağcı, 2012). Bu mahkemeler, hüküm mahkemeleri olarak da ifade edilir (Benli, 2015). İlk derece hukuk mahkemeleri genel ve özel hukuk mahkemeleri olarak sınıflandırılabilir (Kuru vd., 2013). Genel hukuk mahkemeleri sulh hukuk ve asliye hukuk mahkemelerinden oluşmaktadır (Pekcanitez vd., 2013). Tüketici mahkemeleri, icra mahkemeleri, iş mahkemeleri, kadastro mahkemeleri, fikri ve sınai haklar hukuk mahkemeleri, aile mahkemelerinin ise özel hukuk mahkemeleri olarak ifade edilmektedir (Benli, 2015).

Sulh hukuk mahkemeleri, asliye hukuk mahkemelerine göre daha basit, hızlı ve tarafları sulha teşvik etmeye müsait davaları çözmek üzere kurulmuş genel mahkemelerdir (Aymaz, 2017). Kira ilişkisinden doğan uyuşmazlıklar, taşınır ve taşınmaz mal veya hakkın paylaşılmasına, ortaklığın giderilmesine ve zilyetliğin korunmasına ilişkin davalar bu mahkemelerin başlıca görevleri arasında yer alır (Aymaz, 2017; Yeşil, 2015). Sulh hukuk mahkemelerine açılan dava konuları incelendiğinde; veraset, izale-i şuyu, miras ve kayyum gibi mülkiyet hakkı ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili davaların ağırlığı dikkat çekmektedir.

Asliye hukuk mahkemeleri Hukuk Mahkemeleri Kanununa (HMK) göre sulh hukuk mahkemeleri ile diğer özel mahkemelerin görevine girmeyen, özel hukuk ilişkilerinden doğan her türlü davalara bakmaktadır. Bu itibarla genel mahkeme niteliğine sahiptir (Aymaz, 2017). Asliye hukuk mahkemelerinin görevi, genel olarak, malvarlığı üzerindeki haklardan doğan dava ve işler ile şahıs varlığı üzerindeki haklardan doğan dava ve işler olmak üzere ikili bir ayrıma tabi tutulmaktadır (Görgülü, 2005).

Taşınmaz tabanlı davaları yürüten mahkemelerden biri de kadastro mahkemeleridir. Bu mahkemeler bir özel hukuk mahkemesi olarak düzenlenmiştir (Durman, 2002). Kadastro Kanununa göre; kadastro sonuçlarının otuz günden oluşan ilanı süresince itirazlar kadastro mahkemesine yapılır.

Ayrıca kadastro komisyonu tarafından gönderilen kadastro tutanaklarına ait davalar, mahalli hukuk mahkemelerinde görülmekte olan kadastro ile ilgili henüz kesinleşmemiş davalar bu mahkemenin yetki alanındadır.

Diğer ilk derece mahkemeleri ise idari mahkemelerdir. Bu mahkemeler nezdinde açılabilen davalar şunlardır. İdari işlemler hakkında yetki, şekil, sebep, konu ve maksat yönlerinden biri ile hukuka aykırı olduklarından dolayı iptalleri için menfaatleri ihlâl edilenler tarafından açılan davalardır. Bu davalar; iptal davaları ve İdarî eylem ve işlemlerden dolayı kişisel hakları doğrudan muhtel olanlar tarafından açılan tam yargı davalarıdır. İdari yargı yetkisi, idari eylem ve işlemlerin hukuka uygunluğunun denetimi ile sınırlıdır. İdari mahkemeler; yerindelik denetimi yapamazlar, yürütme görevinin kanunlarda gösterilen şekil ve esaslara uygun olarak yerine getirilmesini kısıtlayacak, idari eylem ve işlem niteliğinde veya idarenin takdir yetkisini kaldıracak biçimde yargı kararı veremezler (Gazete, 20.01.1982).

Yargılamanın ikinci basamağını adli yargılamada bölge adliye mahkemeleri, idari yargılamada ise bölge idare mahkemeleri oluşturmaktadır. Bu mahkemelerde ilk derece mahkemelerinin almış olduğu kararların denetimi yapılmaktadır (Küçükyağcı, 2012).

Yargılamanın temyiz sürecinde hukuk mahkemeleri için Yargıtay ve idari mahkemeler için Danıştay rol oynamaktadır (Yeşil, 2015). Yargıtay'ın adli yargı mercileri arasında, Danıştay'ın idari yargı mercileri arasında nihai karar verici konumunda olduğu görülmektedir (Görgülü, 2005).

Dava sayısı ve çeşidi olarak taşınmazlarla ilgili davalar daha çok hukuk mahkemelerine açılmaktadır. 2010-2017 yılları arasında ilk derece adli mahkemeler ile Yargıtay'da davaların ortalama görülme süreleri (Tablo 2) analiz edildiğinde sekiz yıllık süreçte davaların Asliye Hukuk Mahkemelerinde ortalama bir yıla, Kadastro Mahkemelerinde ise ortalama iki yıla yakın sürelerde tamamlanabildiği görülmektedir. Ayrıca 2010 yılından itibaren davaların ortalama görülme sürelerinde artış dikkati çekmektedir

([http://www.Adlicil.Adalet.Gov.Tr/Istatistik\\_2017/Istatistik2017.Pdf](http://www.Adlicil.Adalet.Gov.Tr/Istatistik_2017/Istatistik2017.Pdf)." 2017).

**Tablo 2.** 2010-2017 yılları arasında bazı adli mahkemelerde davaların ortalama görülme süreleri.

| <i>Yıllar</i> | <i>Mahkemeler</i> | <i>Asliye Hukuk</i> | <i>Sulh Hukuk</i> | <i>Kadastro</i> | <i>Yargıtay</i> |
|---------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 2010          |                   | 299                 | 109               | 578             | 159             |
| 2011          |                   | 315                 | 106               | 828             | 160             |
| 2012          |                   | 330                 | 117               | 755             | 131             |
| 2013          |                   | 303                 | 99                | 472             | 117             |
| 2014          |                   | 278                 | 91                | 586             | 122             |
| 2015          |                   | 282                 | 90                | 545             | 165             |
| 2016          |                   | 350                 | 93                | 678             | 286             |
| 2017          |                   | 419                 | 105               | 992             | 451             |
|               | ORTALAMA          | 322                 | 101               | 679             | 199             |

Adli mahkemelerde toplam iş yükü, bir önceki seneden devreden, yıl içerisinde gelen toplam dava sayıları ve bu davaların yıl içerisinde karara bağlanma yüzdeleri, Tablo 3 ile sunulmuştur ([http://www.Adlicicil.Adalet.Gov.Tr/Istatistik\\_2017/Istatistik2017.Pdf](http://www.Adlicicil.Adalet.Gov.Tr/Istatistik_2017/Istatistik2017.Pdf)" 2017). Asliye Hukuk ve Kadastro Mahkemeleri özelinde bakıldığında davaların her yıl neredeyse yarısı veya yarısından fazlasının karara bağlanmadığı görülmektedir. Kadastro Mahkemelerinde 2016 ve 2017 yıllarında her üç davadan yalnızca bir tanesinin karara bağlanabildiği dikkat çekmektedir. Yargıtay'da 2016 yılına kadar davaların yüksek oranda karara bağlanmasına karşın 2016 ve 2017 yıllarında oranın %50 seviyelerine indiği gözlenmektedir. Sulh Hukuk Mahkemelerinde ise ortalama dört davadan üçünün karara bağlanabildiği bir durum söz konusudur.

**Tablo 3.** 2010-2017 yılları arasında bazı adli mahkemelerde görülen ve karara bağlanan dava sayıları ([http://www.Adlicicil.Adalet.Gov.Tr/Istatistik\\_2017/Istatistik2017.Pdf](http://www.Adlicicil.Adalet.Gov.Tr/Istatistik_2017/Istatistik2017.Pdf)" 2017).

|              |                 | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      |
|--------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Asliye Hukuk | Toplam          | 770923    | 830513    | 868927    | 943301    | 1042396   | 1098001   | 1068884   | 1073466   |
|              | Karara Bağlanan | 398312    | 427170    | 441282    | 509044    | 573238    | 602676    | 510661    | 477285    |
|              | Yüzde (%)       | <b>52</b> | <b>50</b> | <b>51</b> | <b>54</b> | <b>55</b> | <b>55</b> | <b>48</b> | <b>44</b> |
| Sulh Hukuk   | Toplam          | 937345    | 935623    | 730342    | 687274    | 701939    | 709079    | 762531    | 806469    |
|              | Karara Bağlanan | 715737    | 731321    | 576120    | 544351    | 562502    | 565281    | 592970    | 612363    |
|              | Yüzde (%)       | <b>76</b> | <b>78</b> | <b>79</b> | <b>79</b> | <b>80</b> | <b>80</b> | <b>78</b> | <b>76</b> |
| Kadastro     | Toplam          | 115226    | 89959     | 71208     | 68290     | 49118     | 36036     | 28734     | 25290     |
|              | Karara Bağlanan | 44107     | 35649     | 28993     | 33043     | 23460     | 18196     | 9047      | 7859      |
|              | Yüzde (%)       | <b>38</b> | <b>40</b> | <b>41</b> | <b>48</b> | <b>48</b> | <b>50</b> | <b>32</b> | <b>31</b> |
| Yargıtay     | Toplam          | 524829    | 582565    | 659810    | 672061    | 725664    | 751543    | 785609    | 674471    |
|              | Karara Bağlanan | 352997    | 395586    | 494230    | 507521    | 522884    | 482621    | 358522    | 351562    |
|              | Yüzde (%)       | <b>67</b> | <b>68</b> | <b>75</b> | <b>76</b> | <b>72</b> | <b>64</b> | <b>46</b> | <b>52</b> |

### 1.2.2. Bilirkişilik Müessesesi

Yargısal faaliyetin gerçekleştirilmesi sırasında, çözümü özel veya teknik bilgiyi gerektiren hukuki uyuşmazlıklarda hâkim bilirkişiye başvurabilir (Kök, 2017). Günümüzde bilirkişiliğin etkinliği giderek artmaktadır (Meriç vd., 2016). Bilirkişi raporları, teknik bilgiye dayalı belgelerdir. Yargının kararını etkileyecek yorum ve değerlendirmelerden uzaktır. Raporlar, hâkimin kararını bağlayıcı nitelikte değildir (Güler & Karaca, 2017).

Bilirkişi incelemesi bazı durumlarda hâkimlerin takdirine bırakılırken, kimi davalarda yasa hükmü ile zorunlu kılınmıştır. Örneğin; Kamulaştırma Kanunu'nun (Resmi Gazete, 8.11.1983) 10. maddesinde taşınmaz malın değerinin tespiti konusunda, Türk Medeni Kanununun (Resmi Gazete, 8.12.2001) 165. maddesinde akıl hastalığı nedeniyle açılan boşanma davasında davalının akıl hastası olup olmadığı konusunda, yine aynı kanunun 409. maddesinde akıl hastalığı nedeniyle hacir kararı

verilmesinde veya böyle bir kararın kaldırılmasında, Türk Borçlar Kanununun (TBK) (Resmi Gazete, 4.2.2011) 199. maddesinde hayvan alım satımında hayvanın ayıplı olup olmadığı konusunda, Orman Kanununun (Resmi Gazete, 8.9.1956) dokuzuncu maddesinde orman kadastrosu konusunda bilirkişi incelemesi yapılması gerektiği düzenlenmiştir (Yıldırım vd., 2016).

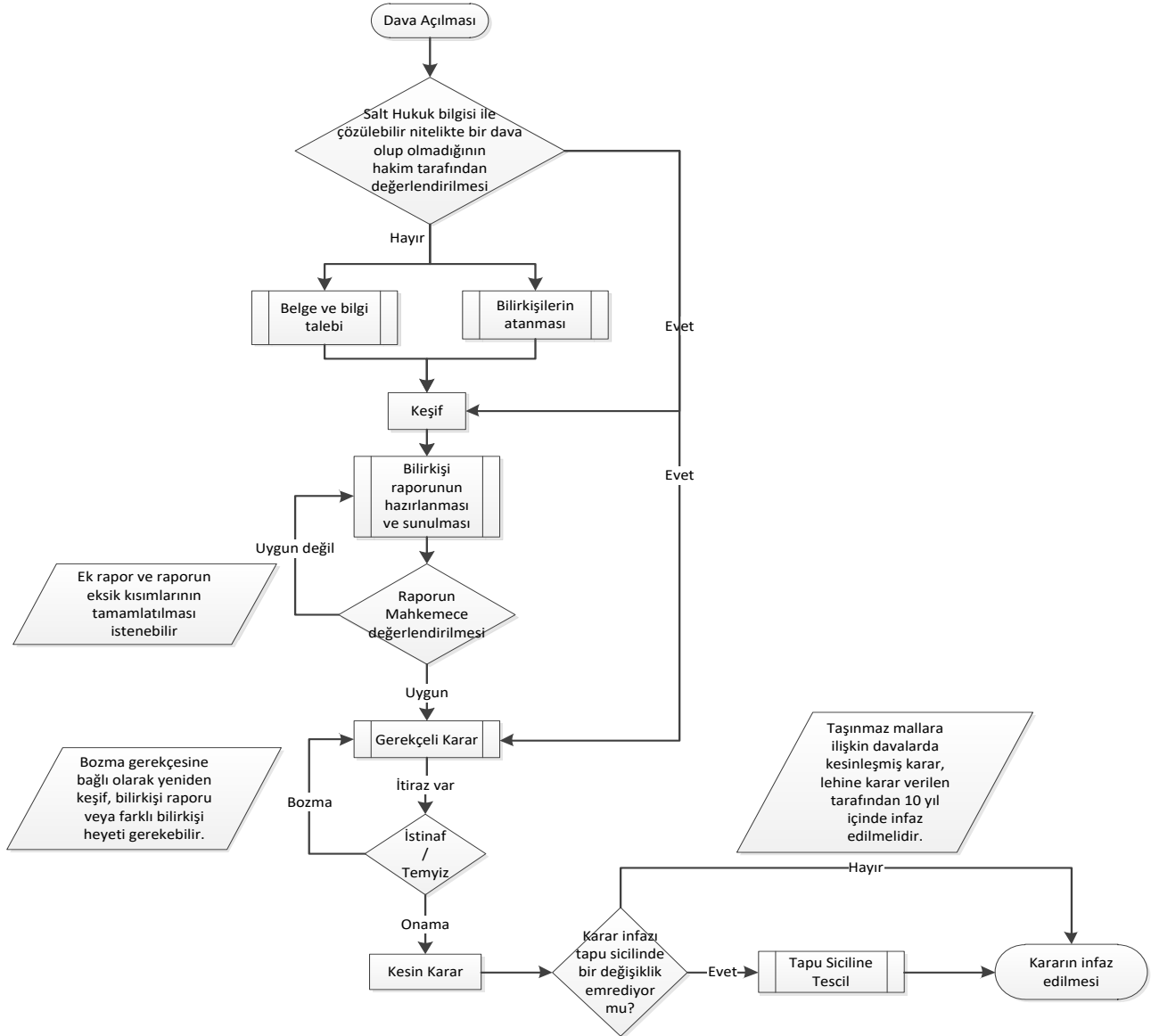
### 1.2.3. Türkiye'nin E-Devlet Politikası Çerçevesinde Ulusal Yargı Ağı Projesi (UYAP)

Kamu yönetiminin hizmetlerin sürdürülebilirliği açısından değişen sosyo-ekonomik koşullara uyarlanması gerekmektedir (Avaner & Fedai, 2019). E-devlet, Türkiye'de kamusal hizmetlerin bilişim teknolojileri üzerinden yürütülmesini sağlayan bir modeli ifade etmektedir (Odabaş, 2008). Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomiler açısından kamu hizmetlerinin e-devlet yoluyla sunumu mali tasarruf açısından çok önemlidir. Ayrıca ülke veya dünya genelinde oluşabilecek küresel salgınlarda oluşacak sokağa çıkma yasaklarında iş ve işleyişin devam edebilmesi için e-devlet uygulamaları büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda e-devlet, devlet ile vatandaşların karşılıklı veri alış verişine imkân tanıma ve iş süreçlerini elektronik ortama taşıma misyonunu üstlenmektedir (Güreler, 2011). Bu sayede vatandaş ile kurumlar arası bilgi ve belge alış verişleri geleneksel metottan modern elektronik boyuta taşınır (Taş vd., 2017). Her ne kadar e-devlet adı altında yapılan girişimler kamu yönetiminde dijitalleşmenin başlangıcı sayılsa da ortaya çıkan sorunlar e-devlet dönüşümünün tamamlanması adına önemli bir reform girişimi olarak ifade edilebilir (Avaner & Fedai, 2019).

En önemli e-devlet uygulamalarından biri de Ulusal Yargı Ağı Projesi (UYAP)'dır. UYAP, adli süreçlerde zaman, maliyet açısından tasarruf sağlamak, işlem süreçlerini hızlandırmak, ulaşılabilir verilerle denetlenebilir bir yargı yapısını inşa etmek amacıyla geliştirilen bir bilişim sistemidir (Güzel & Deligöz, 2014). UYAP, e-adalet sisteminin bir parçası olarak yargı alanındaki e-devlet uygulamalarının işlevini üstlendi (Sezer & Cengiz, 2019). UYAP, adli hizmetlerde etkinlik, verimlilik, hız ve tasarruf sağlamak suretiyle Adalet Bakanlığı'nın son dönemdeki en önemli projesi olarak yerini almaktadır (Türkan & Erdinçertürk, 2017). Gerek Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi (AİHS) (Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi, 1950) 6. maddesi ve gerekse Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (Resmi Gazete, 1982b) 141. Maddesi, davaların makul sürede tamamlanmasının önemine işaret etmektedir. UYAP, bilişim çağına uygun hızlı, etkin, verimli yapısı ile ulusal ve küresel mevzuatlara uygun bir yargılama sürecinin önünü açmaktadır (Batır, 2013).

### 1.2.4. Gayrimenkul Davaları

Gayrimenkule ilişkin davalar eşya hukukunu ilgilendiren dava türleridir. Bu dava türlerinin temel bileşenini arsa, arazi veya mesken vb. bağımsız bölümlere ilişkin haklar oluşturur. Gayrimenkule ilişkin davalar arasında kamulaştırma davaları, tapu iptal ve tescil davaları, ortaklığın giderilmesi davaları başta olmak üzere oldukça fazla dava türü bulunur. Bu davaların yürütülmesinde, temel iş akışı (Şekil 3) şu şekildedir.



Şekil 3. UML iş akış diyagramı ile gayrimenkul dava sürecinin görselleştirilmesi

Çalışma özelinde ele alınan gayrimenkule ilişkin bazı davalar aşağıda sunulmuştur:

### 1.2.5. El atmanın önlenmesi davaları

Taşınmaz malikinin, taşınmaz malına karşı haksız kullanım söz konusu olması durumunda müdahaleyi önlemek üzere açtığı davadır. Bu davalar, kamulaştırmaz el atma davaları, ölünceye kadar bakma sözleşmesinden kaynaklı davalar, satın almaya dayalı davalar, satış vaadi sözleşmesine dayalı davalar, tapu tahsisi belgesine dayalı davalar, taşınmazın orman niteliğinin çekişmeli olmasına ilişkin davalar vb.dir (<https://vatandas.uyap.gov.tr/main/vatandas/index.jsp?v=1288>, 2020). Bunlardan biri olan kamulaştırmaz el atma davasıdır (Şahiniz, 2006). Bu davalar; kanuna dayanmaksızın, usulüne uygun bir kamulaştırma kararı almadan veya taşınmazın ederine uygun bir bedel ödmeden özel mülkiyetteki bir mala, hukuki olmayan bir şekilde el konulması olarak tanımlanır (Göktepe, 2010).

### 1.2.6. Kamulaştırma davaları

Kamulaştırma Kanununa göre yapılacak bir kamulaştırmada, idare ile taşınmaz maliki anlaşamaması durumunda iki dava türü karşımıza çıkar. Kamulaştırma işlemleri için idari yargıda da açılabileceği gibi, davanın konusuna göre, adli yargıda da dava açılabilir. İdare Hukuku kapsamında kamulaştırma işleminin denetlenmesi ve işlemin iptali için idari yarıda iptal davası malik tarafından açılabilir. Bu davalarda, malik taşınmazın bulunduğu mahaldeki İdare Mahkemelere davayı açar. Bu dava açılmadığı takdirde kamulaştırma işlemi devam eder. Bu süreçte ise malik, taşınmazı için ödenen bedeli kamu etmezse, idare tarafından taşınmaz maliki aleyhine yetkili asliye hukuk mahkemesinde dava açılır. Bu dava kamulaştırma bedelinin tespiti ve tescil davası olarak adlandırılır (Ercan, 2000). Kamulaştırma esnasında arazi üzerinde bulunan muhdesatların unutulması, arazi üzerindeki unsurların kamulaştırma bedeli kapsamına alınmaması, taşınmazın tapuda yer alan gerçek yüzölçümünün eksik gösterilmesi gibi sebeplerden maddi ve fiziki hatalar olabilmektedir. Bu hataları ortadan kaldırmak için ‘maddi hata düzeltim davaları’ açılabilir (Pehlivan, 2008).

### 1.2.7. Kat mülkiyeti davaları

Kat mülkiyetine ilişkin açılacak davalar ve sürecin nasıl işleyeceği Kat Mülkiyeti Kanunu (KMK) (Resmi Gazete, 2.7.1965) içerisinde kendine yer bulmuştur. Bu bağlamda yapı bir taşınmazdaki bazı ortaklığın giderilmesi davalarında, ana gayrimenkulün kat mülkiyetine dönüştürülmesi ve maliklere payları ile orantılı bağımsız bölümlerin verilmesi suretiyle gerçekleştirilebileceği vurgulanmaktadır. Bunun dışında hatalı arsa payının düzeltilmesi davası da

açabilmektedirler. Kat irtifakı paydaşlarının arsaları üzerine yapılacak yapının sözleşmede belirtilen süre içerisinde tamamlanmasını istemini dava etme hakları bulunmaktadır. Kat mülkiyetine ilişkin uyuşmazlık konusu diğer hususlar şu şekilde özetlenebilir: reklam panoları ile ilgili kat malikleri arasındaki uyuşmazlıklar, apartmanda yasaya aykırı işyeri açılması, ana taşınmaz ortak giderlerine ilişkin uyuşmazlıklar vb.

### 1.2.8. Tapu İptali ve Tescil Davaları

Tapu sicilinin, yasalara aykırı, usulsüz veya yolsuz düzenlendiği iddiasıyla, tapuda tescilli malik aleyhine açılan davadır. Bu davalar; muris muvazaası, vekâletin kötüye kullanılması, temyiz kudreti ve ehliyetsizlik gibi pek çok sebepten kaynaklanabilir. TMK 1025. Maddesinin birinci fıkrası, aynı hakkı yolsuz bir biçimde ortadan kaldırılmış şahsın tapu sicilinin düzeltilmesi maksadıyla yolsuz tescilin düzeltilmesi (tapu sicilinin tashihi) davası açabileceğini öngörmektedir (Özmen & Aydın, 2014).

Kadastro sonucu taşınmaz mal olarak tescil edilen bazı taşınmazların, daha sonra yapılan orman kadastro çalışmaları uyarınca tapu kayıtlarının iptal edilmesi durumu da bu davalara sebep olabilir (Gençay, 2016).

Tapu iptal ve tescil davaları kapsamında değerlendirilen eski kaydın ihyası davalarını açabilmek için öncelikle idarece yapılan parselasyon işleminin iptali yönünde başvurunun olması gerekmektedir. Parselasyon süreci, idareler eliyle yürütülen süreçleri ifade ettiği için iptal davasının idari yargıda açılması gerekmektedir. Genel kabulün İdari yargıda açılan parselasyon işleminin iptali istenmeden doğrudan adli yargıda eski kaydın ihyası davası açılmayacağı yönünde olmasına karşın Yargıtay tarafından alınan bazı kararlar, doğrudan adli mahkemede eski kaydın ihyası davalarının açılabilmesine de işaret etmektedir. Davacı, itirazını parselasyon işlemine değil de doğrudan mülkiyetine yönelik bir ihlale yöneltebiliyorsa parselasyon işleminin iptal davası aranmadan doğrudan tapu iptal ve tescil davası açabilmektedir (Şimşek, 2014).

## 2. Yöntem

Bu bölüm üç başlık altında ele alınmıştır. Bunlar; anket formunun geliştirilmesi ve uygulanması, davaların karara bağlanmasına gerekli olan belge ve bilgilerin tespit edilmesi ve veri modeli tasarımıdır. Gayrimenkul davaları içinden örnek olarak seçilen pilot davalarda olması gerektiği düşünülen bilgi ve belgelerin tespit edilmesi ilk aşamada ele alınmıştır. Ardından anket sorularının hazırlanması ve örneklem grubu olarak belirlenen özel ve teknik bilgi sahiplerinin



görüşlerinin alınması planlanmıştır. Son aşamada ise elde edilen bu veriler ışığında e-Türkiye kapısı altında ve diğer bilgi sistemleri ile entegre bir veri modeli tasarımı yapılması planlanmıştır.

Çalışma kapsamında; el atmanın önlenmesi, kadastro, kamulaştırma, tapu iptali ve tescil, tapu kaydında düzeltim ile kat mülkiyeti davalarına, e-devlet kapısı aracılığı ile UYAP Vatandaş Portalı (UYAP, 2020) üzerinden erişim sağlanmıştır. Asliye hukuk, sulh hukuk ve kadastro mahkemeleri için ayrı ayrı sorgulamalar yapılarak çalışmaya konu dava türlerinin kapsamına giren dava konuları elde edilmiştir. Konularına göre gayrimenkul davalarının ilk derece adli mahkemelerden hangisinin görev ve yetki sahasına dâhil olduğunu saptamak için, sulh ve asliye hukuk mahkemelerinin görev sınırlarını belirleyen ‘Adlî Yargı İlk Derece Mahkemeleri ile Bölge Adliye Mahkemelerinin, Kuruluş, Görev ve Yetkileri Hakkında Kanun’dan (Resmi Gazete, 7.10.2004) faydalanılmıştır. Ayrıca Kadastro Mahkemeleri için 3402 sayılı Kadastro Kanunu’ndan (Resmi Gazete, 9.7.1987) yararlanılmıştır. Yargıtay Hukuk Dairelerinin görevlerini tanımlayan ‘Yargıtay Büyük Genel Kurul Kararı’ (Resmi Gazete, 26.1.2013) incelenerek dava konularına göre hangi dairenin yetkili kılındığı göz önüne alınmıştır.

Gayrimenkul davaları, birçok meslek kolunun dâhil olduğu geniş kapsamlı bir süreci ifade etmektedir. Ele alınan davalarla ilgili olabilecek meslek disiplinleri ile ilgili bilgilerin bizzat o meslek grubuna mensup bireylerden almak, muhakkak daha sağlıklı bir analizin önünü açacaktır. Böylece, her bir meslek disiplininin gayrimenkul davalarıyla olan ilişkisini test etmek amacıyla çevrimiçi olarak yanıtlanmaya uygun “Dava-Taşınmaz-Meslek Disiplinlerinin Araştırılması” başlığı altında bir anket formu geliştirilmiştir.

Araştırmada, özel durum yöntemi kullanılmıştır. Özel durum yöntemi, bir olayı derinlemesine incelemeye imkân sağlayan bir yöntemdir (Denscombe, 2014; Wellington, 2015). Bu yöntem bir durumun özelliği ve kompleksliği üzerine odaklanarak (Cohen vd., 2013; Çepni, 2010) örneklem grubu ile olay ya da vakanın derinlemesine incelenmesine imkân sağlar (Çepni, 2010). Nitekim bu yöntem anket, mülakat ve gözlem gibi nicel ve nitel farklı veri toplama araçlarının tek tek veya bir arada kullanılmasına imkân sağlamaktadır (Cohen vd., 2013; Çepni, 2010). Bu çalışmada ele alınan davalarla ilgili olabilecek kişilerin sahip oldukları görüş ve düşüncelerinin ayrıntılı incelenmesi amaçlandığından özel durum yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Geliştirilen anket formuyla örneklem grubunun; cinsiyet, meslek disiplinleri, unvanları, çalıştıkları kurum, mesleki deneyimleri, eğitim durumları, herhangi bir uzmanlık belgesine sahip olup olmadıkları gibi demografik bilgileri edinilmiştir. Ardından örneklem grubuna, daha önce taşınmaz tabanlı davalarda bilirkişi olarak görev alıp almadıkları, bu davalar için bilirkişi raporu düzenleyip düzenlemedikleri ve taşınmaz tabanlı davalar için rapor düzenleyen katılımcıların rapor düzenleme sıklığına dair çoktan seçmeli sorular yöneltilmiştir. Anket formunun son kısmında arsa-arazi-bina nitelikli taşınmazların konu edildiği davaların yer aldığı tablo ile örneklem grubunun hangi dava

türünün neresinde görev almasının uygunluğu sorulmuştur. Geliştirilen çevrimiçi anket formu farklı üniversitelerin farklı bölümlerine ve meslek odası mensuplarına uygulanmıştır. 260 öğretim elemanına; TMMOB'a bağlı oda ve Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği'ni (TDUB) içine alan 24 kuruluşa elektronik posta yoluyla anket online olarak gönderilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde LADM'ye uygun şekilde geliştirilen TUCBS veri temaları dikkate alınarak bir veri modeli yaklaşımı sunulmuştur. Arazi idaresi sistemlerinde mevcut olan ve olmayan bilgiler ayrı ayrı ele alınmıştır. UML diyagramları ile modellenen ve UYAP entegrasyonu ile uygulama imkânı bulabilecek bir nesne tabanlı veri modeli tasarımı gerçekleştirilmiştir.

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

#### 3.1. Gayrimenkul davalarında gerekli bilgi ve belge gereksinimi

Çalışmada; el atmanın önlenmesi, kadastro, kamulaştırma, tapu iptali ve tescil, tapu kaydında düzeltim ile kat mülkiyeti davaları gibi on bir farklı dava türü incelenmiştir. Bu amaçla her bir dava türüne ait kesinleşmiş mahkeme kararlarına ait üç-beş dava dosyası ele alınmıştır. Bu dosyaların önemli bileşeni olan bilirkişi raporları ve ekleri detaylı olarak incelenmiştir. Buna göre her dava türüne göre ihtiyaç duyulan gayrimenkule ilişkin bilgi ve belgeler Tablo 4' da sunulmuştur.

Tablo 4'de görüleceği üzere; incelenen dava türlerinin tamamında taşınmazın konumu, cinsi, yüzölçümü vb. mülkiyete ilişkin verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Kuşkusuz tapu kaydı bu ihtiyaçları tek başına karşılayacaktır. Taşınmaza ilişkin pafta örneği, koordinat listesi vb. teknik belgeler ise kadastro arşivinden elde edilecek rasatlar veya çeşitli belgelerle sunulabilir. Vergi beyanı ve imar durumuna ilişkin belgeler ise belediye/il özel idareleri tarafından arşivlenmektedir. Bu belgelere ek olarak; davanın niteliğine göre şu belgelere de ihtiyaç duyulabilir.

- El atmanın önlenmesi davalarında; taşınmazın arsa değeri, işgale uğrayan alan hesabını gösterir belge, ecri misil tazminat hesabını gösterir belge, kıyı kenar çizgisi tespiti verileri, amenajman planı, kapitalizasyon faiz oranı, taşınmazın yapı alanı, sınıfı, değeri vb.
- Kadastro davalarında; kıyı kenar çizgisi tespiti verileri, amenajman planı,
- Kamulaştırma davalarında; alternatif emsal taşınmaz araştırması, emsal taşınmazlarla mukayese, emsal mukayesesinin taşınmaz değerlendirme kriterleri ile yapılması, taşınmazın arsa değeri, işgale uğrayan alan hesabını gösterir belge, hak tesisi kurulabilecek güzergâhlar, kıyı kenar çizgisi tespiti verileri, amenajman planı, kapitalizasyon faiz oranı, taşınmazın yapı alanı, sınıfı, değeri vb. bilgi ve belgeler,

**Tablo 4.** Gayrimenkul davalarında bilirkişi raporlarında yer alan belgeler

| Belgeler                         | Tapu bilgileri (ada/parsel, yüzölçümü, cins vb.) | Vergi beyanı | Taşınmazın imar durumu ve yapılaşma koşulları | Kadastro pafta örneği | Keşif ölçü krokisi | Koordine ve alan özet çizelgesi | Uydu veya yer fotoğrafları | Emsal taşınmazlarla mukayese | Taşınmazın vergiye esas asgari değeri | El atma, kamulaştırmaya uğrayan alan hesabı | Ecri misil tazminat hesabı | Hak tesisi kurulabilecek güzergâhlar | Kıyı kenar çizgisi verileri | Amenajman planı | Kapitalizasyon Faiz Oranı | Taşınmaz üzerindeki yapının bilgi ve belgeleri |
|----------------------------------|--|--------------|---|-----------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| Dava Kodu                        |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| El atmanın önlenmesi             |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Kadastro                         |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Kamulaştırma                     |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Kat Mülkiyeti                    |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Tapu İptali ve tescil (kadastro) |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Tapu iptali ve tescil (orman)    |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Tapu iptali ve tescil (kıyı)     |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| İmar                             |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Aynı/şahsi hakların tesisi       |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Taşkın inşaat nedeniyle tazminat |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |
| Ortaklığın giderilmesi           |  |              |   |                       |                    |                                 |                            |                              |                                       |   |                            |                                      |                             |                 |                           |  |

- Kat mülkiyeti davalarında; taşınmazın KM anındaki 3D yapılaşma durumu, değerini etkileyecek faktörler ve bunların ağırlıklandırılması, arsa payı hesabı, yapı hesabı, yapı yıpranma payı, bağımsız bölüm rayiç değeri,
- Tapu iptali ve tescil (orman) davalarında; amenajman planı,
- Tapu iptali ve tescil (kıyı kenar)davalarında; kıyı kenar çizgisi tespiti verileri,
- Aynı/şahsi hakların tesisi davalarında; işgale uğrayan alan hesabını gösterir belge, ecri misil tazminat hesabını gösterir belge, hak tesisi kurulabilecek güzergâhlar,
- Taşkın inşaat nedeniyle tazminat davalarında; işgale uğrayan alan hesabını gösterir belge, ecri misil tazminat hesabını gösterir belge, kapitalizasyon faiz oranı, taşınmazın yapı alanı, sınıfı, değeri vb. bilgi ve belgeler,
- İzale-i şüyu davalarında; taşınmazın arsa değeri, taşınmazın yapı alanı, sınıfı, değeri vb. bilgi ve belgeler bilirkişi raporlarına dâhil edilmektedir.

### 3.2. Anket sonuçları

Anket çalışması ile aktif bilirkişilik yapan veya yapabilecek kişiler ile dava konuları arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. “Dava-Taşınmaz-Meslek Disiplinlerinin Araştırılması” başlığı altında hazırlanan ilk anket formu ile taşınmaz tabanlı davalarda bilirkişi olarak görev yapmış/yapabilecek çeşitli meslek kollarından çalışanlara çeşitli sorular yöneltilmiş ve yanıtlar üzerinde analizler yapılmıştır. 78 kişiden oluşan örneklem grubunun unvan ve mezuniyet durumu Tablo 5’de, mesleki deneyim ve bilirkişi raporu düzenleme sıklığı Tablo 6’da sunulmuştur.

**Tablo 5.** Katılımcıların unvan ve mezun olunan fakülte/bölgelere göre dağılımı

| Bölüm/Fakülte                    | Unvanlar  |          |                |           |          |                 |              |                |                      |       |          |          | Frekans (sayı) | Yüzde (%) |
|----------------------------------|-----------|----------|----------------|-----------|----------|-----------------|--------------|----------------|----------------------|-------|----------|----------|----------------|-----------|
|                                  | Prof. Dr. | Doç. Dr. | Dr. Öğr. Üyesi | Arş. Gör. | Mühendis | Yüksek Mühendis | Dr. Mühendis | Şehir Plancısı | Gayrimenkul Değ. Uz. | Uzman | Yönetici | Tekniker |                |           |
| İnşaat Müh.                      | 3         |          |                |           | 7        | 1               | 1            |                |                      |       |          |          | 15             | 19        |
| Harita Müh.                      |           | 1        | 1              | 1         | 4        | 4               |              |                | 2                    |       |          |          | 13             | 16        |
| İktisadi ve İdari Bilimler (İİB) | 3         |          | 3              |           |          |                 |              |                | 1                    | 2     |          | 1        | 10             | 13        |
| Orman Müh.                       | 4         | 2        | 1              |           |          |                 |              |                |                      |       |          |          | 7              | 9         |
| Jeoloji Müh.                     | 5         |          |                |           |          |                 | 1            |                |                      |       |          |          | 6              | 8         |
| Jeofizik Müh.                    | 3         | 1        | 1              | 1         |          |                 |              |                |                      |       |          |          | 6              | 8         |
| Mimarlık                         | 2         |          | 2              |           |          |                 |              |                |                      |       |          |          | 4              | 5         |
| Çevre Müh.                       | 1         | 1        |                | 2         |          |                 |              |                |                      |       |          |          | 4              | 5         |
| Şehir ve Bölge Planlama          |           | 1        | 1              |           |          |                 |              | 1              |                      |       |          |          | 3              | 4         |
| Makina Müh.                      | 1         |          | 1              |           | 1        |                 |              |                |                      |       |          |          | 3              | 4         |
| Ziraat Fakültesi                 |           | 1        |                |           | 1        |                 |              |                |                      |       |          |          | 2              | 3         |
| Endüstri Müh.                    |           |          |                |           |          |                 |              |                |                      |       | 1        |          | 1              | 1         |
| İşletme Müh.                     | 1         |          |                |           |          |                 |              |                |                      |       |          |          | 1              | 1         |
| Metalürji Müh.                   | 1         |          |                |           |          |                 |              |                |                      |       |          |          | 1              | 1         |
| Veterinerlik                     |           |          | 1              |           |          |                 |              |                |                      |       |          | 1        | 2              | 3         |
| Frekans (sayı)                   | 24        | 7        | 13             | 5         | 13       | 5               | 2            | 1              | 3                    | 2     | 1        | 2        | 78             | 100       |
| Yüzde (%)                        | 31        | 9        | 17             | 6         | 16       | 6               | 3            | 1              | 4                    | 3     | 1        | 3        | 100            |           |

**Tablo 6.** Katılımcıların mesleki deneyimleri (a) ve bilirkişi raporu düzenleme sıklığı (b)

| Deneyim (yıl)   | Frekans (Sayı) | Yüzde (%) | Rapor Sayısı | Frekans (Sayı) | Yüzde (%) |
|-----------------|----------------|-----------|--------------|----------------|-----------|
| 10 yıla kadar   | 12             | 15,4      | 20'ye yakın  | 12             | 30,0      |
| 10-19 yıl arası | 26             | 33,3      | 20-50 arası  | 6              | 15,0      |
| 20-29 yıl arası | 23             | 29,5      | 50-100 arası | 5              | 12,5      |
| 30 yıl ve üzeri | 17             | 21,8      | 100 ve üzeri | 17             | 42,5      |
| Toplam          | 78             | 100,0     | TOPLAM       | 40             | 100,0     |
| (a)             |                |           | (b)          |                |           |

Geliştirilen ankette örneklem grubuna, *sizce, mesleki disiplininiz aşağıda türleri verilen arsa - arazi - bina nitelikli taşınmaz mallara ilişkin davaların hangilerinde bilirkişi olarak görev alabilir?* sorusu yönelmiştir. Böylece, meslek disiplini ile gayrimenkul sınıfı arasındaki ilişki tespit edilerek, meslek disiplinlerinin hangi gayrimenkul davalarında bilirkişi olarak görev alabileceği analiz

edilmiştir. Gayrimenkule yönelik her bir davada, arazi, arsa veya binalar davaya konu olabilmektedir. Örneğin tarım arazisine yönelik değer tespitinde ziraat mühendisliği aktif rol alırken, yapı değerlemesinde inşaat mühendisliği daha aktif olabilmektedir. Bu ve benzeri bilirkişilik hizmet alımlarında zaman zaman kargaşa ortaya çıkabilmektedir. Meslek disiplinlerinin ilgi alanını netleştirmek açısından yöneltilen anket sorusunun sonuçları Tablo 7 'de sunulmuştur. Birden çok dava türü sorulduğu için katılımcılar her bir dava türü için; arazi, arsa ve bina nitelikli taşınmazların kendi disiplinlerine uygunluğunu cevaplamıştır.

**Tablo 7.** Gayrimenkulün niteliğine göre mesleklerin dağılımı

| <i>Nitelik</i>          | <i>Arazi</i> | <i>Arsa</i> | <i>Bina</i> | <i>Toplam</i> |
|-------------------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| <i>Meslek Disiplini</i> |              |             |             |               |
| Harita Mühendisi        | 401          | 399         | 232         | 1032          |
| İnşaat Mühendisi        | 139          | 229         | 282         | 649           |
| Şehir ve Bölge Plancısı | 76           | 76          | 76          | 228           |
| İİBF Mezunu             | 41           | 39          | 27          | 107           |
| Orman Mühendisi         | 50           | 14          | 0           | 62            |
| Mimar                   | 2            | 6           | 47          | 55            |
| Teknisyen (TKGM)        | 11           | 11          | 10          | 33            |
| Ziraat Mühendisi        | 24           | 0           | 0           | 24            |
| Makine Mühendisi        | 8            | 9           | 6           | 23            |
| Jeoloji Mühendisi       | 15           | 0           | 0           | 15            |
| Jeofizik Mühendisi      | 3            | 3           | 3           | 9             |
| Çevre Mühendisi         | 1            | 1           | 0           | 2             |

Tablo 7 sunulan sonuçlara göre şu değerlendirmeler yapılabilir. Farklı disiplinden olan örneklem grubu birbirinin mesleğini bazı davalarda ön plana çıkartmış durumdadır. Örnek olarak sadece iki katılımcının olduğu ziraat mühendisliği mezununa rağmen, arazi nitelikli davalarda ziraat mühendisi ve jeoloji mühendisi olması gerekliliği açık bir şekilde ifade edilmiştir. İİB mezunu kişilerin her üç taşınmaz türünde de bilirkişi olarak görev alması gerektiği ifade edilmiştir. Ancak arsa ve bina nitelikli taşınmazlarda ziraat mühendisinin olmaması gerektiği de yine örneklem grubunun yanıtlarından anlaşılmaktadır. Hatta ziraat mühendisi olan iki katılımcı dahi arsa ve bina nitelikli davalarda görev alma noktasında görüş ifade etmemişlerdir. Bina nitelikli taşınmazların analizinde ise ön plana inşaat mühendisi ve mimar olan bilirkişiler çıkmaktadır. Orman mühendisi bilirkişiler arazi nitelikli taşınmaz davalarında yoğun olarak ön plana çıkmışken, arsa nitelikli taşınmaz davalarında kısmen ön plandadırlar. Ancak, bina nitelikli taşınmaz davalarında hiç yer etmemişlerdir. Arazi, arsa ve bina nitelikli taşınmaz davalarında inşaat mühendisi bilirkişilerin ağırlığı ise sıralı bir şekilde artmaktadır. Arazi, arsa ve bina nitelikli taşınmaz davalarında harita mühendisi bilirkişilerin ağırlığı ise farklılık göstermektedir. Arsa ve arazide üst seviyede olan harita

mühendisi bilirkişi olması gerekliliği, bina nitelikli taşınmazlara ilişkin davalarında iyice azalmaktadır.

Örneklem grubuna yöneltilen diğer soru ile bazı meslek disiplinleri 41 farklı gayrimenkul davaları arsında ki ilişki ortaya konulmuştur. Bu soruya yanıt veren meslek disiplini mensubu olan örneklem gruplarının yanıtları dikkate alınarak yüzde gösterimler sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur.

**Tablo 8.** Katılımcı yanıtlarının meslek disiplinleri açısından analiz tablosu.

| <i>HM: Harita Mühendisi</i>   |                  |           |      |            | <i>İİBF: İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Mezunu</i> |           |      |            |                 |           |      |            |
|---|------------------|-----------|------|------------|---|-----------|------|------------|-----------------|-----------|------|------------|
| <i>ŞBP: Şehir ve Bölge Plancısı</i>   |                  |           |      |            | <i>İM: İnşaat Mühendisi</i>                         |           |      |            |                 |           |      |            |
| <i>Davanın niteliği</i><br><b>Konusu</b>  | <i>Arazi (%)</i> |           |      |            | <i>Arsa (%)</i>                                     |           |      |            | <i>Bina (%)</i> |           |      |            |
|   | HM               | İM        | İİBF | ŞBP        | HM  | İM        | İİBF | ŞBP        | HM              | İM        | İİBF | ŞBP        |
| Arsa Payının Düzeltilmesi İstemi  | 92               | 27        | 10   | 67         | 92  | 40        | 10   | 67         | 46              | 53        | 10   | 67%        |
| Arsa Paylarının Düzeltilmesi ve Denkleştirme Davası   | 85               | 33        | 10   | 67         | 85  | 40        | 10   | 67         | 46              | 40        | 10   | 67%        |
| Aynen İfa İstemi  | 62               | 7         |      | 33         | 62  | 27        |      | 33         | 31              | 27        |      | 33%        |
| Bağımsız Bölüm Üzerindeki Müdahalenin Önlenmesi Davası  | <b>62</b>        | <b>20</b> |      | <b>67</b>  | <b>62</b>   | 33        |      | <b>67</b>  | 38              | <b>53</b> |      | <b>67</b>  |
| Bağımsız Bölümden Geçilmesine İzin Verilmesi Davası   | 54               | 27        |      | 67         | 54  | 33        |      | 67         | 46              | 47        |      | 67         |
| Ecrimisil (Haksız İşgal) Davası   | <b>77</b>        | 33        | 10   | <b>67</b>  | <b>69</b>   | <b>60</b> | 10   | 67         | 38              | <b>60</b> | 10   | <b>67</b>  |
| El Atmanın Önlenmesi  | <b>85</b>        | 27        | 10   | <b>33</b>  | <b>85</b>   | <b>40</b> | 10   | 33         | <b>38</b>       | <b>53</b> | 10   | 33         |
| Geçit, Mecra vb. aynı/şahsi hakkın kurulması Davası   | <b>85</b>        | 27        | 10   | <b>67</b>  | <b>85</b>   | 47        | 10   | <b>67</b>  | 38              | <b>40</b> |      | <b>67</b>  |
| Gider ve Avans Payını Ödemeyen Kat Maliki Hakkında Dava   | 38               | 7         | 10   |            | 31  | 27        | 10   |            | 23              | 53        | 10   |            |
| Hatalı Hisse Payı (Bağımsız Bölümde)  | 85               | 13        | 10   | 67         | 85  | 20        | 10   | 67         | 46              | 40        |      | 67         |
| İmar Planı Değişikliği  | 77               | 20        | 10   | 100        | 77  | 33        | 10   | 100        | 46              | 20        | 10   | <b>100</b> |
| İmar Uygulaması   | <b>85</b>        | 27        | 10   | <b>100</b> | <b>85</b>   | 40        | 10   | <b>100</b> | 38              | 33        | 10   | <b>100</b> |
| İnşaatın Kaldırılması Talebi  | 46               | 20        |      | 100        | 46  | 47        |      | 100        | 38              | 67        |      | <b>100</b> |
| İrtifakın Terkinin İstemi   | <b>69</b>        | 13        |      | <b>67</b>  | 69  | 33        |      | 67         | 38              | 33        |      | 67         |
| Kadastro (Tespit davası)  | 85               | 7         |      | 33         | 85  | 13        |      | 33         | 38              | 20        |      | 33         |
| Kadastro (Yenileme ve teknik hata düzeltme)   | 85               | 13        | 10   | 33         | 85  | 20        |      | 33         | 46              | 20        | 10   | 33         |
| Kamulaştırılan Taşınmazın Geri Alınması Davası  | <b>85</b>        | 33        | 10   | <b>67</b>  | 85  | 53        | 10   | 67         | 46              | 53        | 10   | 67         |
| Kamulaştırma (Bedel)  | 77               | 53        | 30   | <b>100</b> | 77  | 67        | 40   | <b>100</b> | 46              | 67        | 20   | <b>100</b> |
| Kamulaştırma (Kamu Yararı)  | 77               | 53        | 20   | <b>100</b> | 77  | 47        | 20   | <b>100</b> | 38              | 73        |      | <b>100</b> |
| Kamulaştırmaz El Atma(Hukuki El Atma)   | 85               | 33        | 20   | <b>100</b> | 85  | 53        | 20   | <b>100</b> | 46              | 60        | 10   | <b>100</b> |
| Kamulaştırmaz El Atma(Kal-Yıkım Davası)   | 77               | 27        | 20   | <b>100</b> | 77  | 47        | 20   | <b>100</b> | 46              | 60        | 10   | <b>100</b> |
| Kamulaştırmaz El Atma(Men'i Müdahale Davası)  | 85               | 33        | 20   | <b>100</b> | 85  | 47        | 20   | <b>100</b> | 46              | 60        | 10   | <b>100</b> |
| Kamulaştırmaz El Atma(Tazminat Davası)  | 62               | 33        | 20   | 33         | 85  | 47        | 10   | 33         | 46              | 60        | 10   | 33         |
| Kat Mülkiyetinin Devri İstemi   | 62               | 13        | 20   | 33         | 62  | 20        | 20   | 33%        | 38              | 47        | 20   | 33         |
| Kat Mülkiyetinin Kurulması İstemi   | 77               | 13        | 10   | 67         | 62  | 27        | 10   | 67         | 38              | 53        | 10   | 67         |
| Maliklerin Haklarına Karşı Yapılan Tecavüzün Önlenmesi Davası   | 77               | 27        | 30   | 67         | 77  | 53        | 20   | 67         | 46              | 53        | 20   | 67         |
| Ortak Yere El Atmanın Önlenmesi İstemi  | 77               | 20        | 20   | 67         | 77  | 40        | 20   | 67         | 46              | 47        | 10   | 67         |
| Ortaklığın Giderilmesi Davası   | 85               | 27        | 20   | 67         | 85  | 47        | 20   | 67         | 46              | 53        | 10   | 67         |
| Satış Akdinin Feshi ve Tapu İptali Davası (Kat Karşılığı İnşaat Sözleşmesi, Muvazaalı Satış İşlemi vs.) | 77               | 20        | 10   | 33         | 77  | 53        | 10   | 33         | 46              | 53        | 10   | 33         |
| Şüfa Hakkı Davası   | 69               | 13        |      | 67         | 69  | 40        |      | 67         | 46              | 47        |      | 67         |
| Tahliye Davası  | 69               | 13        | 10   | 33         | 69  | 33        | 10   | 33         | 38              | 40        | 10   | 33         |

|  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Tapu İptali, Tapu İptali ve Tescil (Kadastro)                | 85 | 20 |    | 67 | 85 | 40 |    | 67 | 54 | 53 |    | 67 |
| Tapu İptali, Tapu İptali ve Tescil (Kıyı)                    | 92 | 20 | 10 | 67 | 92 | 33 | 10 | 67 | 54 | 47 |    | 67 |
| Tapu İptali, Tapu İptali ve Tescil (Orman)                   | 92 | 20 |    |    | 92 | 27 |    | 67 | 54 | 40 |    | 67 |
| Tapu İşleminin İptali İstemi                                 | 85 | 33 | 10 | 67 | 85 | 33 |    | 67 | 54 | 47 |    | 67 |
| Tapu Sicilinin Tutulmasından Doğan Zararların Tazmini Davası | 77 | 13 |    | 33 | 77 | 20 |    | 33 | 54 | 27 |    | 33 |
| Tashih Davaları  | 69 |    |    | 33 | 69 |    |    | 33 | 54 | 13 |    | 33 |
| Taşkın İnşaat Nedeniyle Tazminat Davası                      | 69 | 40 |    | 67 | 69 | 53 |    | 67 | 38 | 67 |    | 67 |
| Tazminat Davası  | 62 | 20 | 30 | 33 | 62 | 40 | 30 | 33 | 38 | 47 | 30 | 33 |
| Tenkis Davası  | 69 | 13 |    | 33 | 69 | 27 |    | 33 | 38 | 27 |    | 33 |
| Vakıf Şerhi ve Taviz Bedeli Davası                           | 69 | 13 |    | 67 | 69 | 27 |    | 67 | 46 | 27 |    | 67 |

Tablo 8 incelendiğinde, davanın ve taşınmazın özelliğine göre bilirkişilerin mutlak suretle değişmesi gerektiği görülmektedir.

Bu tablodan birkaç örnek vererek tablo yorumlanmıştır. Özellikle örneklem grubu bazı sorularda kendi disiplinini ön plana çıkartmıştır. Bu tabloda çok dikkat çeken bu tip değerlendirmeler kırmızı renkli olarak vurgulanmıştır. Bağımsız Bölüm Üzerindeki Müdahalenin Önlenmesi Davasının şehir plancısı ile ortalama %67 oranında ilişkilendirilmiş olması dikkat çekmektedir. Benzer bir durum ise arazi, arsa ve bina ayrımı gözetmeksizin; Kamulaştırma (Bedel), Kamulaştırma (Kamu Yararı), Kamulaştırmaz El Atma (Hukuki El Atma), Kamulaştırmaz El Atma (Kal-Yıkım Davası), Kamulaştırmaz El Atma (Men'i Müdahale Davası) davaları ile şehir plancısının %100 ilişkili çıkmasıdır.

Bu tip aşırı farklılıklar yanında, tablodan genel anlamda şu sonuç çıkartılmıştır. Davanın konusu olan taşınmazın özelliğine göre farklı disiplinler ön plana çıkmalıdır. Buna rağmen salt bir alanının tek başına karar vermesi pek mümkün değerlendirilmemiştir. Diğer uzmanlık alanlarının az da olsa mutlaka katkı sunması beklentisi mevcuttur.

### 3.3. Lisans Düzeyinde Okutulan Dersler ile Dava Konularının İlişkilendirilmesi

Çalışmanın bu bölümü, taşınmaz tabanlı davalarda bilirkişi olarak görev alabilecek meslek disiplinlerinde lisans düzeyinde okutulan zorunlu/seçmeli derslerin temel gayrimenkul dava konuları ile ilişkisini, her bir meslek disiplini için ayrı ayrı hazırlanan anket formlarına verilen yanıtlar üzerinden irdeleme üzerine inşa edilmiştir. Harita/Geomatik Mühendisliği bölümü akademik personelleri ile elektronik posta aracılığı ile iletişim kurulabilen üniversitelerin listesi, *Tablo 9* ile verilmiştir. Çalışma kapsamında 22 üniversitenin ilgili bölümlerinin akademik personellerine başvurulmuştur.

**Tablo 9.** Harita/Geomatik Mühendisliğine sahip, çalışmaya konu üniversiteler

|                             |  |                                     |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| Afyon Kocatepe Üniversitesi | *Harran Üniversitesi                                 | *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi |
| Aksaray Ü.                  | *İstanbul Teknik Ü.                                  | *Osmaniye Korkut Ata Ü.             |
| *Artvin Çoruh Ü.            | *İzmir Katip Çelebi Ü.                               | Sivas Cumhuriyet Ü.                 |
| *Çanakkale On Sekiz Mart Ü. | *Karadeniz Teknik Ü.                                 | *Tokat Gaziosmanpaşa Ü.             |
| *Erciyes Ü.                 | *Kocaeli Ü.  | Uşak Ü.                             |
| Gebze Teknik Ü.             | Konya Teknik Ü.                                      | Yıldız Teknik Ü.                    |
| *Gümüşhane Ü.               | *Necmettin Erbakan Ü.                                | *Zonguldak Bülent Ecevit Ü.         |
| *Hacettepe Ü.               | *Ankete HM bölümünden katılım sağlayan üniversiteler |                                     |

KTÜ Harita Mühendisliği bünyesinde arazi yönetimi ile ilişkili yedi zorunlu ve 17 seçmeli dersin yanında Harita Mühendisliği bölümüne sahip başka üniversitelerde zorunlu olarak okutulan Arazi Yönetimi ve Kamu Ölçmeleri derslerinin temel gayrimenkul dava konuları ile ilişkisini gösteren *Tablo 10* aşağıda sunulmuştur.

Dava konuları özelinde bakıldığında katılımcılar, lisans düzeyinde okutulan dersler ile en fazla sırasıyla *kamulaştırma, imar uygulamaları ve planlama* konuları arasında ilişki olduğuna işaret ederken en az sırasıyla *mimari proje uygulamaları, toprak bilgisi ve ecri-misil* konuları arasında bağlantı olduğunu düşünmektedir.

Zorunlu derslere ait veriler incelendiğinde en fazla payın toplam 234 işaretleme ile *Taşınmaz Mal Hukuku*, en az payın ise toplam 114 işaretleme ile *Kamu Ölçmeleri* dersine ait olduğu saptanmıştır. Diğer zorunlu dersler ise Bölge ve Şehir Planlama (208 işaretleme), Kadastro Bilgisi (198 işaretleme), Kentsel Alan Düzenlemesi (191 işaretleme), Kırsal Alan Düzenlemesi (181 işaretleme), Taşınmaz Değerlemesi (170 işaretleme), Proje Planlaması (127 işaretleme), Arazi yönetimi (117 işaretleme) şeklinde sıralanmaktadır.

**Tablo 10.** Harita Mühendisliği lisans dersleri-gayrimenkul dava konuları ilişkisi

| Zorunlu dersler  |                           | Seçmeli dersler                                  |
|--|---------------------------|--|
| 1.Taşınmaz Mal Hukuku                                  | 10.Mühendislik Mekaniği   | 19.Korunan Alanlarda Arazi Yönetimi Uygulamaları |
| 2.Kadastro Bilgisi                                     | 11.Plaka Tektoniği        | 20.Tapu Uygulamaları                             |
| 3.Bölge ve Şehir Planlama                              | 12.Deniz Ekolojisi        | 21.Kadastro Verileri ve Uygulamaları             |
| 4.Proje Planlaması                                     | 13.Deprem Jeolojisi       | 22.Taşınmaz Tabanlı Hukuki Süreçler              |
| 5.Kentsel Alan Düzenlemesi (Arsa ve Arazi Düzenlemesi) | 14.Ulaşım                 | 23.İmar Uygulama ve Çevre İlişkileri             |
| 6.Kırsal Alan Düzenlemesi (Arazi Toplulaştırması)      | 15.Kıyı ve Liman Yapıları | 24.Arazi Yönetiminde Uygulama Problemleri        |
| 7.Taşınmaz Değerlemesi                                 | 16.Kıyı Alanları Yönetimi | 25.Yapılmış Alanlarda İmar Uygulamaları          |
| 8. Kamu ölçmeleri                                      | 17.Altyapı Kadastro       | 26.Kamulaştırma Tekniği                          |
| 9.Arazi yönetimi                                       | 18.Kadastro Uygulamaları  |  |



| Dava Konusu   | Kamulaştırma | Planlama  | İmar uygulamaları. | Kırsal alan düzenlemesi | Kat Mülkiyeti | İrtifak Hakkı | Tapu      | Kadastro  | Kentsel altyapı tesisler, | Ulaşım    | Mimari proje uygulamaları | Yapı-bina bilgisi | Tarım Araçları | Toprak Bilgisi | Orman     | Kıyı – Deniz -Su | ÇED       | Kent. Dönüşüm | Ecri misil |
|---------------|--------------|-----------|--------------------|-------------------------|---------------|---------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|---------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|------------------|-----------|---------------|------------|
| Ders no       |              |           |                    |                         |               |               |           |           |                           |           |                           |                   |                |                |           |                  |           |               |            |
| 1             | 23           | 6         | 12                 | 14                      | 21            | 19            | 25        | 18        | 6                         | 4         | 4                         | 9                 | 10             | 5              | 12        | 9                | 5         | 12            | 19         |
| 2             | 15           | 6         | 12                 | 9                       | 11            | 13            | 19        | 23        | 6                         | 5         | 6                         | 4                 | 12             | 3              | 17        | 14               | 2         | 7             | 12         |
| 3             | 10           | 21        | 17                 | 6                       | 5             | 5             | 17        | 4         | 17                        | 18        | 14                        | 12                | 4              | 3              | 7         | 12               | 12        | 18            | 3          |
| 4             | 6            | 16        | 8                  | 6                       | 3             | 2             | 5         | 3         | 10                        | 11        | 8                         | 6                 | 5              | 3              | 3         | 5                | 11        | 11            | 1          |
| 5             | 18           | 19        | 18                 | 3                       | 10            | 12            | 1         | 7         | 19                        | 13        | 12                        | 11                | 1              | 3              | 3         | 4                | 11        | 18            | 3          |
| 6             | 16           | 17        | 9                  | 21                      | 1             | 10            | 9         | 8         | 9                         | 2         | 1                         | 21                | 21             | 14             | 4         | 7                | 2         | 3             |            |
| 7             | 14           | 6         | 9                  | 7                       | 11            | 11            | 9         | 11        | 8                         | 9         | 10                        | 16                | 7              | 6              | 4         | 5                | 5         | 9             | 6          |
| 8             | 11           | 7         | 11                 | 7                       | 5             | 6             | 11        | 8         | 5                         | 5         | 2                         | 2                 | 5              | 2              | 5         | 5                | 1         | 4             | 4          |
| 9             | 8            | 9         | 8                  | 10                      | 4             | 6             | 6         | 8         | 5                         | 4         | 2                         | 1                 | 8              | 4              | 5         | 6                | 3         | 7             | 4          |
| 10            |              |           |                    |                         |               | 7             |           |           | 1                         | 4         | 1                         | 4                 |                |                |           |                  |           | 1             |            |
| 11            | 1            | 2         | 2                  |                         |               |               |           | 1         | 1                         | 2         |                           | 2                 |                | 1              |           |                  | 1         | 1             |            |
| 12            | 1            | 1         |                    | 1                       |               |               | 1         |           |                           | 1         |                           | 1                 |                | 1              |           | 9                | 4         |               |            |
| 13            |              | 2         | 2                  |                         |               |               |           |           | 1                         | 2         |                           | 3                 |                |                |           | 1                | 4         | 1             |            |
| 14            | 4            | 5         | 3                  | 5                       |               | 2             |           |           | 6                         | 9         | 2                         | 1                 | 1              | 1              | 1         | 1                | 2         | 2             |            |
| 15            |              | 4         | 1                  |                         |               |               | 1         | 1         | 1                         | 4         | 1                         | 3                 |                |                |           | 7                | 3         |               |            |
| 16            | 3            | 5         | 3                  | 2                       |               | 2             | 1         | 4         |                           | 3         | 1                         | 1                 | 1              | 2              | 2         | 8                | 4         | 3             | 1          |
| 17            | 3            | 4         | 4                  | 3                       | 1             | 5             | 1         | 8         | 8                         | 4         | 3                         | 2                 |                |                |           | 1                | 2         | 3             | 1          |
| 18            | 8            | 5         | 5                  | 5                       | 7             | 4             | 2         | 9         | 4                         | 1         | 1                         | 2                 | 6              | 5              | 6         | 4                | 3         | 4             | 5          |
| 19            | 5            | 8         | 6                  | 5                       | 1             | 1             | 8         | 5         | 2                         | 2         | 1                         | 2                 | 6              | 4              | 4         | 2                | 7         | 5             | 4          |
| 20            | 6            | 2         | 4                  | 3                       | 8             | 8             | 4         | 6         | 1                         | 1         | 1                         | 2                 | 4              | 1              | 2         | 2                | 2         | 6             | 4          |
| 21            | 7            | 3         | 5                  | 7                       | 7             | 8             | 9         | 10        | 4                         | 1         | 2                         | 2                 | 5              | 4              | 7         | 3                | 2         | 5             | 6          |
| 22            | 8            | 5         | 10                 | 6                       | 10            | 7             | 9         | 8         | 3                         | 2         | 2                         | 3                 | 4              | 2              | 4         | 4                | 5         | 8             | 5          |
| 23            | 5            | 5         | 11                 | 3                       | 2             | 1             | 8         | 4         | 4                         | 3         | 1                         | 2                 | 2              | 2              | 2         | 3                | 8         | 5             | 3          |
| 24            | 6            | 7         | 6                  | 9                       | 4             | 4             | 1         | 8         | 6                         | 5         | 1                         | 2                 | 8              | 7              | 6         | 5                | 6         | 6             | 3          |
| 25            | 8            | 8         | 10                 |                         | 8             | 6             | 4         | 6         | 7                         | 4         | 1                         | 7                 |                |                | 1         | 1                | 2         | 9             | 2          |
| 26            | 11           | 5         | 7                  | 7                       | 4             | 5             | 6         | 5         | 5                         | 4         | 5                         | 1                 | 7              | 3              | 2         | 1                | 2         | 4             | 2          |
| <b>Toplam</b> | <b>19</b>    | <b>17</b> | <b>18</b>          | <b>13</b>               | <b>12</b>     | <b>13</b>     | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>13</b>                 | <b>13</b> | <b>83</b>                 | <b>10</b>         | <b>11</b>      | <b>83</b>      | <b>10</b> | <b>11</b>        | <b>11</b> | <b>15</b>     | <b>91</b>  |
|               | 7            | 8         | 3                  | 9                       | 3             | 7             | 4         | 5         | 0                         | 0         |                           | 2                 | 7              |                | 7         | 6                | 4         | 1             |            |

Yukarıda ifade edilen ilişkiyi ortaya koyan tablolar çalışmadaki tüm disiplinler için ayrı ayrı ele alınmıştır. Tüm detaylarının bu çalışmayı çok uzatacak olması nedeniyle sunulamamıştır. Anketin gönderildiği akademik personel taşınmaz tabanlı dava konuları ile bölümlerinde okutulmakta olan zorunlu ve seçmeli dersleri ilişkilendirmiştir. Bu şekilde tüm disiplinler için ders dava konusu ilişki matrisi ortaya konulmuştur.

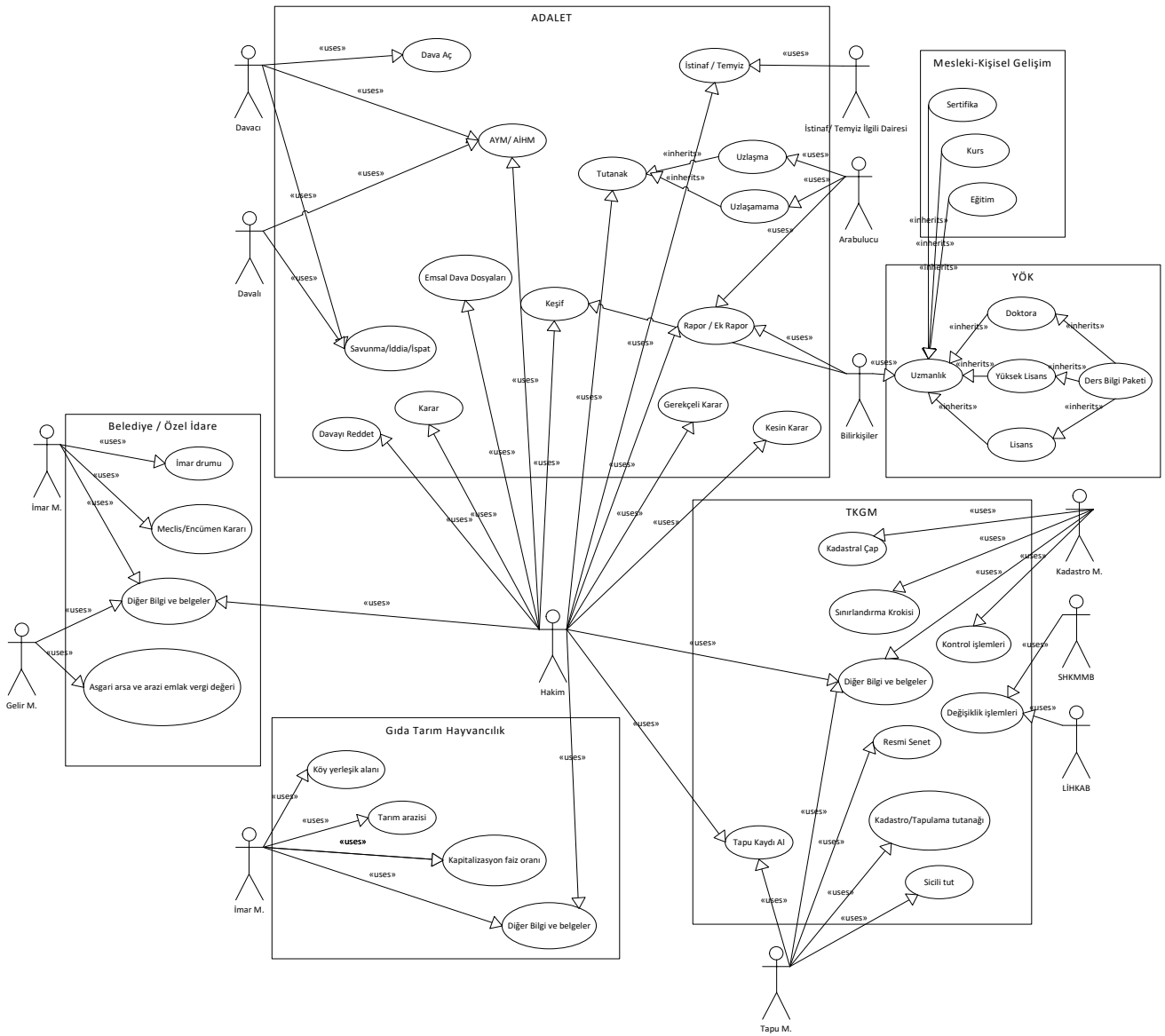
**Tablo 11.** Ders ve dava konusu ilişki matrisi yapılan bölüm ve dersler

| Bölüm                   | Katılan Üniversite Sayısı | Öğretim Elemanı Sayısı | Zorunlu Ders Sayısı | Seçmeli Ders Sayısı |
|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| Harita Mühendisliği     | 15                        | 29                     | 9                   | 17                  |
| İnşaat Mühendisliği     | 29                        | 50                     | 12                  | 15                  |
| Çevre mühendisliği      | 22                        | 56                     | 8                   | 9                   |
| Mimarlık                | 12                        | 19                     | 16                  | 13                  |
| Jeoloji mühendisliği    | 11                        | 34                     | 6                   | 5                   |
| Jeofizik mühendisliği   | 4                         | 14                     | 9                   | 2                   |
| Orman mühendisliği      | 9                         | 31                     | 13                  | 11                  |
| Şehir ve Bölge Planlama | 11                        | 13                     | 9                   | 11                  |
| Ziraat fakültesi lisans | 12                        | 20                     | 18                  | 11                  |
| Hukuk fakültesi lisans  | 6                         | 12                     | 8                   | 2                   |

Buradan elde edilen çıkarımlar, anketin yukarı bölümlerinden elde edilen, dava konusu disiplinler arası ilişkiler birlikte ele alınarak birlikte değerlendirilmiştir. Çok sayıda davanın mesleği ile arsa, arazi ve bina ayrımı görülmeksizin ilişkili olduğunu ortaya koyan örneklem grubu yanıtları bilinmektedir. Ancak bu mesleklerin lisans müfredatlarında okutulan dersler ile bu tip davalar arasında ilişki olmadığı akademisyenlere uygulanan anket sorularından ayrıca anlaşılmaktadır. Burada otağa çıkan ilginç çelişkilerin başında bu durum özellikle dikkat çekmektedir. Böylesi bir durumun bilirkişi atanmadan önce tespit edilmesi ve kişinin mesleki eğitiminde almış olduğu derslerin içeriklerinin dikkate alınarak sorgulanabildiği dinamik bir sistemi işaret etmektedir.

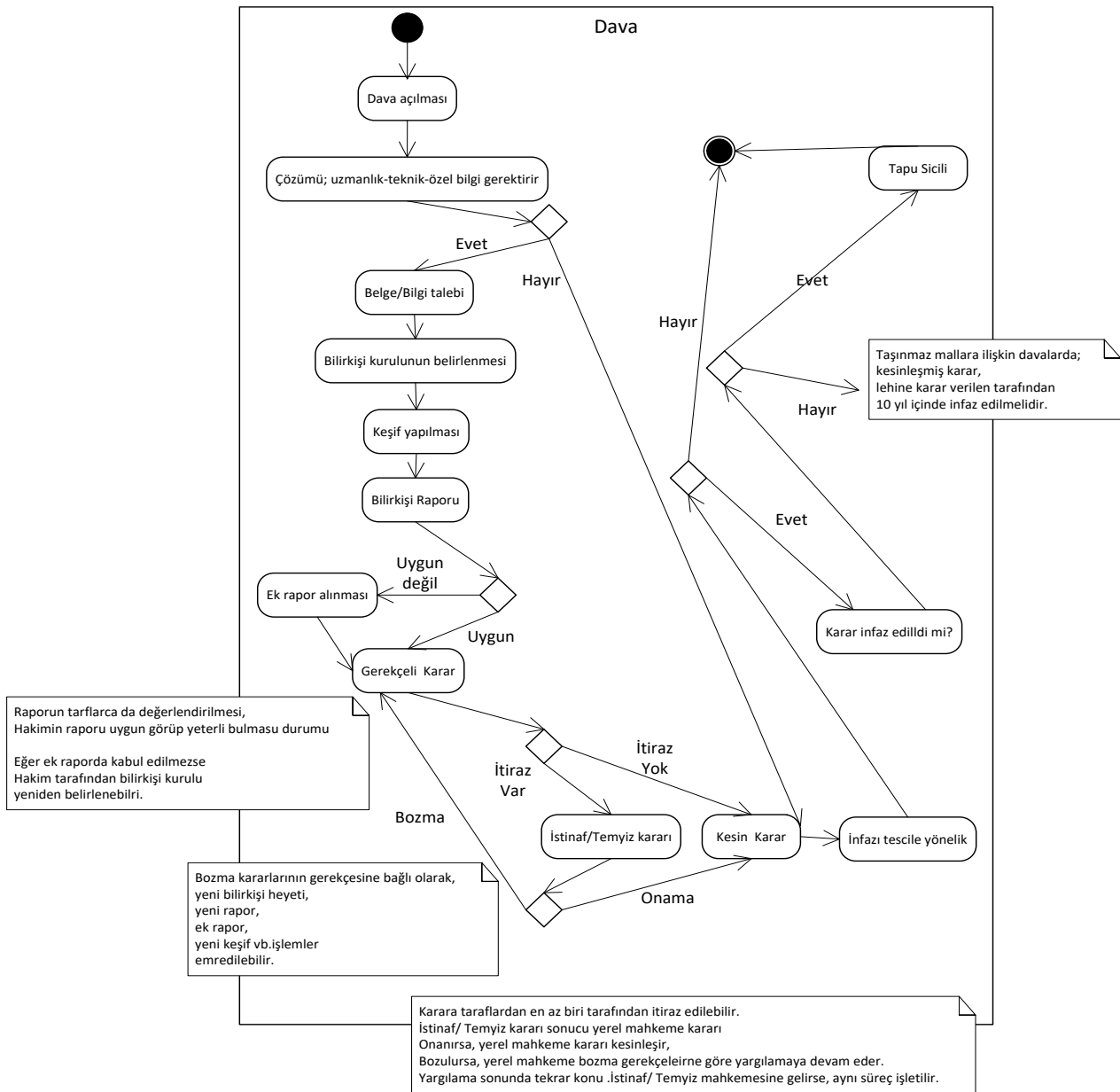
### 3.4. Nesne Tabanlı Veri Modeli Geliştirilmesi

Yukarıdaki tüm veriler ışığında, semantik anlamda e-devletin diğer bileşenleri ile birlikte çalışabilir UYAP'a uyarlanabilir bir nesne tabanlı veri modeli tasarımı yapılması kararlaştırılmıştır. Geliştirilen 'gayrimenkul dava sürecinin use-case diyagramı ile gösterimi' *Şekil 4*'te sunulmuştur. Use-case diyagramları, dava sürecinde aktör, yani dava sürecinde olayları başlatan unsurlar ile sürece dâhil olan kurumlar arasındaki bağı yansıtmaktadır. Böylece sistem içerisinde sürece dâhil olan aktörlere ve kurumlara vakıf olunabilmektedir. Aynı zamanda dava sürecinde gereksinim duyulan verileri, hangi aktörlerin hangi kurumlardan ne şekilde temin etmesi gerektiğine ilişkin bağlantılar da rahatlıkla görülmektedir. Şöyle ki dava sürecinde veriye ihtiyaç duyan aktörleri, davacı, davalı, hâkim bilirkişi gibi bireyler oluştururken, verinin temini için Tapu Müdürlüğü, Kadastro Müdürlüğü, İmar Müdürlüğü vb. kurumlardan sağlanmaktadır. Veri alış-verişi haricinde aktörlerin sistem içerisinde hak, yetki ve görev tanımlarına rastlamak da mümkün olmaktadır. Dava süreci içerisinde hâkimin davayı kabul/red etme, ara karar, kesin karar, gerekçeli karar alma gibi fonksiyonları yürütür. Bilirkişilerin davaya atanması sonrası keşif, rapor hazırlama, talep halinde ek rapor hazırlama gibi görevleri yürütür. Taşınmazın ve davanın özelliğine göre bilirkişi seçimi de somut verilerle yapılabilir. Nitekim yükseköğretim sistemi üzerinden, bilirkişilerin uzmanlıkları, aldıkları dersler, derslerin haftalık içerikleri ve bilgi paketleri sorgulanabilir. Ayrıca, varsa yüksek lisans ve doktora gibi uzmanlık durumları da edinilebilir. Bilirkişi adaylarının mesleki gelişimlerine yönelik bilgilerinin de sorgulanması sayesinde en uygun kişinin bilirkişi olarak seçimi sağlanabilir. Taşınmaz davaları, iş davaları ve bazı ticaret davaları gibi özel ve teknik bilgi gerektiren davalardan olduklarından, arabuluculuk hizmeti ile dava açılmaksızın çözülme potansiyeli yüksek davalardır. Böylesi bir duruma imkân tanıyan bir use-case tasarımı da use-case'e ayrıca eklenmiştir.



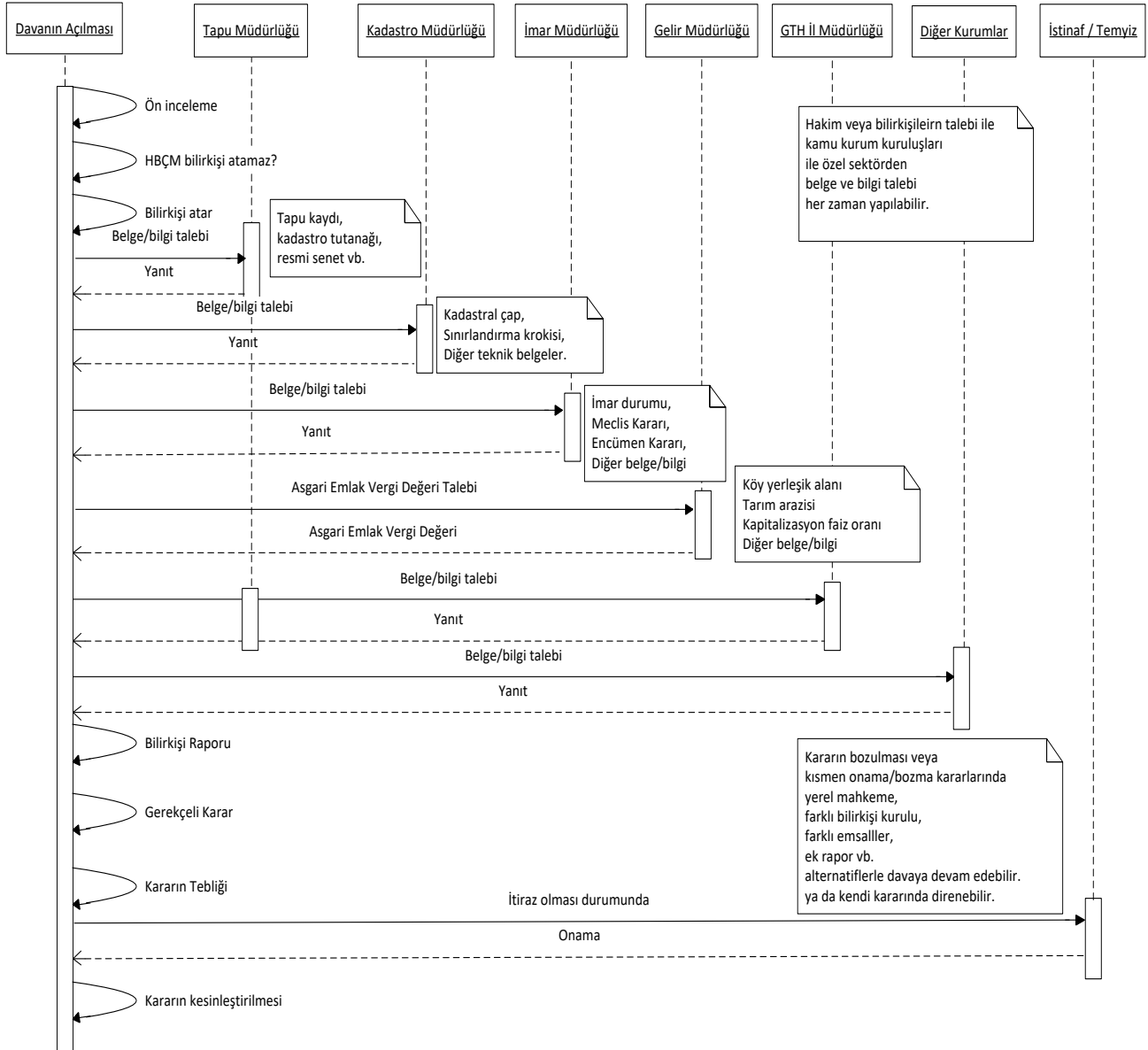
Şekil 4. UML use case (kullanım durum) diyagramı ile gayrimenkul dava sürecinin görselleştirilmesi.

'Gayrimenkul dava sürecinin activity diyagramı ile gösterimi' Şekil 5'te sunulmuştur. Activity diyagramı ile gayrimenkul davalarının en başından, infazı gerektiren mahkeme kararları için tapuya tescil, infazı gerektirmeyen kararlar için ise kararın kesinleşmesine kadar olan süreç ayrıntıları ile ifade edilmektedir. Activity diyagramı üzerinden süreç ele alındığında, hâkimin hukuk bilgisi ile davanın çözümü mümkün ise davanın daha kısa sürede sonuçlanma ihtimali son derece yüksek görünmektedir. Ancak, gayrimenkul davalarında genel itibariyle çözüm için sıklıkla teknik destek sağlayan bilirkişilere başvurulması, sürecin girift bir yapıya bürünmesine sebebiyet vermektedir. Bilirkişi kurulunun belirlenmesi, keşif, bilirkişi raporunun hazırlanması, raporun mahkemeye kabul görüp görmeyeceği, duruma göre ek rapor istenmesi, en nihayetinde yeni bir bilirkişi kurulunun oluşturulmasının talep edilmesi, mahkeme kararı, istinaf değerlendirmesi vb. gibi süreçler, çözümü uzmanlık gerektiren davalarda devreye girmektedir.



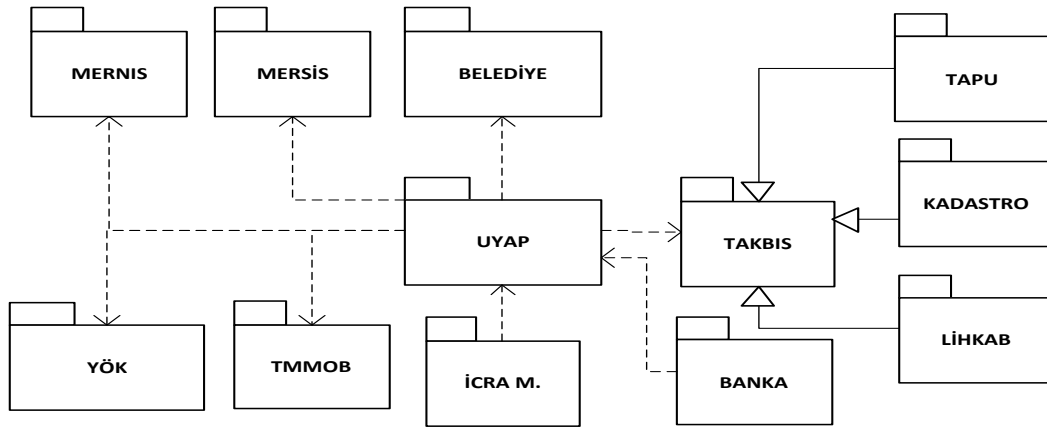
Şekil 5. UML activity (etkinlik) diyagramı ile gayrimenkul dava sürecinin görselleştirilmesi

Şekil 6'da sunulan sequence (sıralama/silsile) diyagramı ile activity diyagramı sayesinde modellenen süreç biraz daha genişletilmiştir. Özellikle mahkemelerin bilgi/belge istemi aşamasında sürece dâhil olacak kurumların öncelikleri belirlenmiştir. Böylece, verilerin temininden sorumlu olduklarını kurumların veri temini esnasındaki öncelik ve sonralık durumları bir arada görülebilir. Bu başlık altında; Tapu Müdürlüğü, Kadastro Müdürlüğü, İmar Müdürlüğü, Gelir Müdürlüğü gibi bütün kurumlar ve kurumlardan talep edilebilecek belgeler belirli bir sıralama çerçevesinde sunulmaktadır.



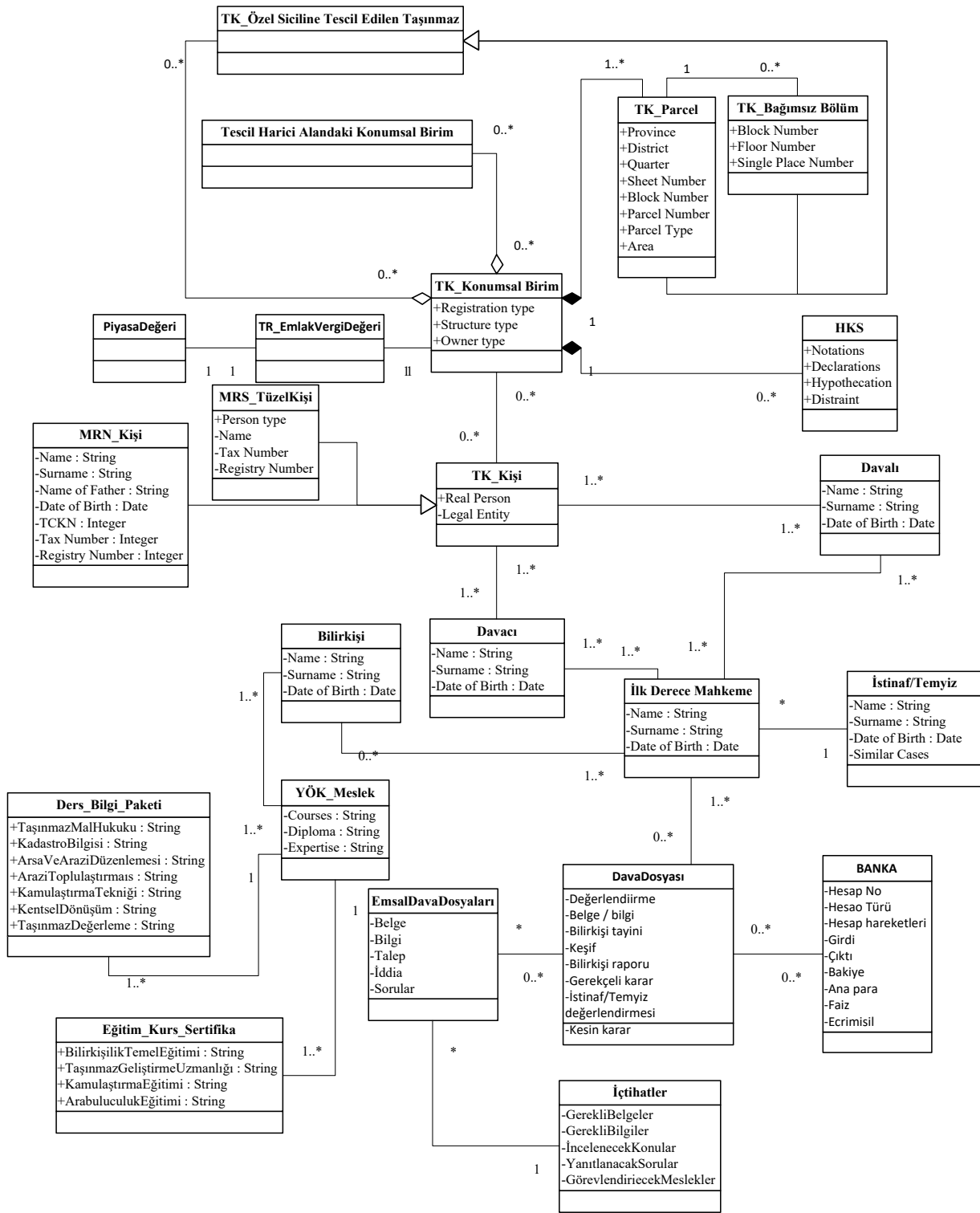
Şekil 6. UML sequence (sıralama-zincir) diyagramı ile gayrimenkul dava sürecinin görselleştirilmesi

UYAP'a uyarlanabilir modelin, e-devletin diğer paydaşları ile ilişkisinin görsel olarak sunulması için UML'nin package (paket) diyagramından yararlanılmıştır (Şekil 7). Gayrimenkul dava sürecinin merkezinde e-devletin adalet kolunu temsil eden UYAP bulunmaktadır. Package diyagramı ile dava süreçlerinin etkin bir biçimde yürütülmesi için UYAP'ın e-devletin hangi paydaşları ile birlikte çalışabilir olması gerektiği modellenmiştir. Kurumlar arası veri alış-verişinin elektronik ortamda yapılması, zaman ve mali tasarruf açısından önem arz etmektedir.



Şekil 7. UML paket diyagramı ile UYAP'ın e-devletin diğer paydaşları ile ilişkisinin görselleştirilmesi

Taşınmaz tabanlı dava sürecine dâhil olan sınıfların birbirleri ile etkileşimlerini ifade eden class diyagramı, Şekil 8'de sunulmuştur. Her bir sınıfın tanımlanması için gerekli nitelikler, o sınıf içerisinde yazılmıştır. Örneğin, parsel sınıfını tanımlamak için parselin bulunduğu il, ilçe, mahalle, ada ve parsel numarası gibi unsurların bilinmesi gerekmekte olup bu nitelikler parsel sınıfının alt kısmında yerini almıştır. Sistemde tasarlanan sınıflarda; 'TK\_' ön eki, parsel, bağımsız bölüm ve konumsal birim için TKGM tarafından üretilen verilerin tasarlanan sistemle olan ilişkisini göstermektedir. Yani TK\_ ön eki TKGM veri tabanına erişerek mevcut sistemler üzerinden, tasarlanan sisteme veri olarak aktarılabilen sınıfları temsil etmektedir. 'MRN\_' ön eki, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nün MERNİS projesinden, 'MRS\_' ön eki ise Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Merkezi kayıt Sistemi olan MERSİS'ten elde edilen sınıfları göstermektedir. YÖK Meslek sınıfı ile bilirkişilerin, arbulucuların veya uzmanların alanları ile ilgili sahip oldukları diploma, bu diplomanın eki niteliğinde başardıkları dersler, ders içerikleri, sahip oldukları eğitim sertifikaları vb. bilgiler sorgulanabilecektir. İstinaf/Temyiz sınıfı ise üst mahkemelerin benzer davalarda emsal olarak verdikleri kararlar, yaptıkları incelemelerde eksik görülen hususlar ile cevapları mutlaka olması gereken sorunsalları yansıtmaktadır.



Şekil 8. UML class (sınıf) diyagram ile gayrimenkul dava sürecinin görselleştirilmesi

#### 4. Sonuç

Gayrimenkul davaları, adli ilk derece mahkemelerde yüksek paya sahip davalardır. Sulh hukuk mahkemelerine 2017 yılında açılan davaların yaklaşık %65'i, asliye hukuk mahkemelerine açılan davaların %25'i ve kadastro mahkemelerine açılan davaların tamamı, konu bakımından doğrudan

veya dolaylı olarak mülkiyet hakkı ihlali ile ilişkilendirilebilecek türdendir. 2010-2017 yılları arasında ilk derece adli mahkemelerde davaların ortalama görülme sürelerinin asliye hukukta yaklaşık bir yıl, kadastro mahkemelerinde ise yaklaşık iki yılı bulduğu tespit edilmiştir. Yargıtay'da ise bu süre ortalama altı ayın üzerindedir. Gayrimenkul davaların adli mahkemedeki payı gözetildiğinde bu davaların görülme sürelerinin kısalması, genel ortalama sürelerinin de aşağıya çekilmesine zemin hazırlayabilir.

Bu çalışmada geliştirilen nesne tabanlı veri modelinin yaygın kullanılan türlerinden olan UML diyagramları üzerinden gayrimenkul dava süreçlerinin nesne yönelimli bir yaklaşımla ele alınması amaçlanmıştır. Bu sayede e-devlet bileşenlerinden UYAP üzerinden davanın açılması ile birlikte, taşınmaz bilgileri TAKBİS'den entegre bir şekilde aktarıldıktan sonra, taşınmazın ve davanın türüne göre bir dizi belge ve bilgi daha davanın açılması ile otomatik olarak toplanmaya başlanacaktır. Tasarlanan modele göre, davanın ve taşınmazın türüne bağlı olarak bilirkişi olarak görev alacak kişiler mesleklerine göre sistem tarafından dinamik olarak belirlenebilecektir. Bu sayede bilirkişi seçimi objektif bir şekilde gerçekleştirilecektir. Dava konusunun çözümü için gerekli belge ve bilgilerin herhangi bir yazışmaya meydan vermeden e-devlet üzerinden sağlanması hızlı ve etkin bir dosya tekâmülü sunacaktır. Bu noktada oluşan zaman kaybı, bilirkişi tayini ve belge-bilgi teminine ilişkin süreçler ortadan kalkacaktır. Sonuç olarak davaların ortalama görülme sürelerinin asgariye çekilmesi adına büyük bir yol alınacağı ifade edilebilir.

Çalışma özelinde taşınmaz mallara ilişkin bazı dava türleri, gerçek uygulamalar üzerinden ele alınarak incelenmiştir. Bu davalar; el atmanın önlenmesi davaları, kadastro davaları, kamulaştırma davaları, kat mülkiyeti davaları ve tapu iptal ve tescil davalarıdır. Bu dava türlerine ilişkin gerçek dava dosyalarına sunulan ve kararlara esas üç-beş kesinleşmiş mahkeme kararı ve ekleri incelenmiştir. Tüm bu taşınmaz davalarında; taşınmazın konumu(mahalle, ada, parsel no vb.), taşınmazın cins ve nevi, taşınmazın yüzölçümü, tapu kayıtları, vergi beyanı, taşınmazın imar durumu, yapılaşma koşulları, kadastro pafta örneği ve kadastro rasat verileri, keşif ölçü krokisi, koordine ve alan özet çizelgesi, uydu veya yer fotoğrafları istisnasız olarak yer etmiştir. Bu verilerin tamamı tapu ve kadastro verileri olarak TUCBS Tapu-Kadastro veri teması ile e-devlet içinde olması hedeflenen verilerdir. Bu tip verilerin çevrimiçi olarak e-devlet araçlarından (UYAP, TAKBİS vb.) elde edilmesi sağlanabilir. Ayrıca emsal taşınmazlarla mukayese, taşınmazın arsa değeri, işgale uğrayan alan hesabı, ecri misil tazminat hesabı, hak tesisi kurulabilecek güzergâhlar, kıyı kenar çizgisi tespiti verileri, amenajman planı, kapitalizasyon faiz oranı, taşınmazın yapı alanı, sınıfı, değeri vb. bilgi ve belgelerde bazı dosyalarda yer bulmuştur. İkinci grupta yer alan bazı veriler arazi çalışması ve bazı verilerse büro çalışmaları ile elde edilebilecek nitelikteki veriler olarak değerlendirilebilir. Özellikle büro çalışması ile elde edilebilecek verilerin e-devlet üzerinde elde edilmesi sağlanabilir. Ancak diğer



verilerin temini noktasında arazi çalışması yapıp ardından özel ve teknik bilgi ile bu verileri elde etme yoluna gitmek gerekmektedir.

Çözümü uzmanlık gerektiren konularda bilirkişilerin görüşlerine başvurulma yöntemi, yargılamanın doğruluğunu ve seyrini pozitif yönde etkilemektedir. Zira yargıçların kendi uzmanlık alanları dışında konulara hâkim olmaları beklenemez. Geliştirilen anket formunda aktif olarak bilirkişilik yapma potansiyeli olanlar ile bilirkişilik yapanların büyük bir bölümünün akademisyenlerden oluştuğu, bunların çoğunun ise profesör ağırlıklı olduğu göze çarpmaktadır. Çoğunluk ise inşaat ve harita mühendisliği ile İİBF ve orman, jeoloji ve jeofizik mühendisliği bölümlerinden mezun ve deneyimli kişilerden oluşmaktadır. Örneklem grubunu oluşturan 78 katılımcının 40 tanesi taşınmaz tabanlı davalarda bilirkişi olarak görev yapmış ve yapmakta olanlardır. Bunların %70'i, 20 ve üzeri sayıda bilirkişi raporu hazırladığı görülmektedir. Örneklem grubu içinde 100 üzerinde rapor düzenleyen 17 kişinin bulunduğu dikkat çekmektedir.

Meslek disiplinlerinin anket formunda yer alan 41 adet davanın niteliklerine göre hangilerinde görev alabileceklerine ilişkin soruda Harita mühendislerinin arazi nitelikli davalarda %52, arsa nitelikli olanlarda ise %51 ile ilk sırayı aldığı görülürken bina nitelikli davalarda ise %41 ile İnşaat mühendisleri ön plana çıkmaktadır. Bu durum ankete katılımında İnşaat ve Harita mühendislerinin yüksek paya sahip olması ile izah edilebileceği gibi anket formunda yer alan dava konularının bu meslek disiplinlerinin uzmanlık alanlarına daha fazla girdiği sonucuna da varılabilir. Buna rağmen meslek disiplininin lisans müfredatında hiçbir ders olmamasına rağmen bazı dava türlerinde çok yüksek oranda bilirkişilik yapabileceği sonucu dikkat çekmektedir. Temel olarak arsa nitelikli taşınmazlarda harita mühendisi, arazi vasıflı taşınmazlarda ziraat mühendisliği, yapı taşınmazlarda ise inşaat mühendisliği disiplini ilgili bilirkişi olarak değerlendirilmiştir. Buna rağmen, arsa ve arazi ayrımı, arsa veya arazi üzerinde ağaç ve yapı gibi muhdesatların bulunması, arazi üzerinde farklı ürünlerin hasat miktarlarından gelir yöntemi ile değerlendirilmesi vb. gerekliliği göz önüne alınmalıdır. Yine de bu konuda, çalışma özelinde ele alınan anket sorularının geliştirilerek uygulanmasının son derece faydalı olacağı ifade edilmelidir. Örneklem grubu olarak sadece meslek disiplini mensuplarının tek başına verdiği yanıtlar üzerinden gitmek doğru bir yaklaşım olmayabilir. Bu nedenle davaları karara bağlayan hâkimlerden oluşan bir kontrol grubunun da farklı bir örneklem olarak ele alınması son derece yararlı olacaktır. Son olarak gerek bilirkişilik yapacak meslek mensuplarının öğrenim gördükleri alanlardaki akademisyenler ile hâkimlerin öğrenim gördükleri hukuk fakültesi akademisyenleri de diğer bir örneklem kontrol grubu olarak ele alınmalıdır. Özetle sürecin her aşamasında yer alan herkesin tecrübe ve fikirlerinin yansıtıldığı arama konferansları ve çalıştaylardan çıkacak sonuçların ele alınması şiddetle önerilmektedir.

Çalışmanın son aşamasını gayrimenkul dava süreçlerinin nesne tabanlı veri modelinin yaygın unsurlarından UML diyagramları ile görselleştirilmiştir. Geliştirilen veri modeli ile sürece dâhil olan

gerçek/tüzel kişilerin görev, yetki ve sorumluluklarının sunulması, dava sürelerinin istenen seviyeye çekilmesi ve mülkiyet hakkının önemli bir parçası olan gayrimenkul dava süreçlerinin üçüncü kişiler tarafından rahat bir şekilde kavranması amaçlanmıştır.

UML iş akış diyagramı ve activity diyagramları ile dava süreci net bir biçimde ortaya konulmuş, çalışmanın temelini oluşturan bilirkişilik kurumunun davalara dâhil olma şartları, yapılması gerekenler belirtilmiştir. UML use case diyagramları, taşınmaz tabanlı davalarda yer alabilecek aktörlerin kimler olacağını, ihtiyaç duyulan verilerin hangi kurumdan ne şekilde temin edileceğini göstermiş, bir nevi süreç içerisine dâhil olan aktörlerin görev tanımlarına ilişkin bilgiler sunmuştur. UML sequence diyagramları üzerinden ihtiyaç duyulan verilerin temininde kurumların öncelik/sonralık durumları belirlenmiştir. UML package diyagramı, e-devlet üzerinden veri elde etmeye imkân sunan kurumlar ile e-devletin yargı ayağını teşkil eden UYAP arasındaki ilişkiyi ortaya koyarken, class diyagramı ile sürece dâhil olan her bir sınıfın tanımlanması için gerekli niteliklere erişimi mümkün hale getirmiştir.

Tasarlanan nesne tabanlı model ile dava sürelerinden bazı iyileştirmeler yapmak mümkün olacaktır. Ancak daha etkili bir sonuç almak için bilirkişilere ilişkin daha etkin ölçütlerin olduğu bir yazılım üzerinden kontrol ve güncellemelerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada yapılan anket yöntemine benzer bir sistem ile meslek disiplinlerinin hangi davalarda bilirkişi olarak görev alabileceklerinin bir standarda kavuşturulması gerekmektedir. Bunun için mezun olunan bölümde alınan dersler, sahip olunan sertifika belgeler, dava deneyimi, dava kapsamında hazırlanan bilirkişi raporlarının mahkeme tarafından kabul görme oranı gibi kriterler, otomasyon üzerinden yürütülmeli, davanın maddi/manevi önem derecesine göre bu kriterlerden bazıları veya tamamı devreye sokulmalıdır. Bunun yanında bilirkişiler, görev aldıkları davalar için raporunda bulundurması gereken bilgi/belgeleri sistem üzerinden anında görüp verilerin temin edileceği kurumlar ile aynı sistem üzerinden iletişim kurabilmelidir. Nihayetinde mahkeme başkanının birkaç tuş ile bilirkişi atayabildiği, taşınmaz ve davanın türüne göre bu bilirkişilerin yanıtlayacağı soruların yöneltildiği, hem hâkimin hem de bilirkişilerin ihtiyaç duyulan verilere ulaşabildiği bir sistem inşa edilmelidir. Böylece makul sürelerde tamamlanan davalar ile yargı sistemi daha hızlı ve daha hassas kararlar ile daha da güçlendirilebilir.

Son olarak iş ve bazı ticaret davaları için ön şart olan uzlaştırmacı ile görüşme gibi bir şartın gayrimenkul davaları için uygulamaya alınabileceği değerlendirilmelidir. Zira çoğu zaman çözümü özel ve teknik bilgi gerektiren bu tip davalar, bu özel ve teknik bilgi sahipleri ile mahkeme öncesi iddia ve savunmalarını yetkili makamlar önünde şeffaf bir şekilde tartışabilir. Bu sayede mahkeme aşamasında toplanan veriler önceden sağlanabilir, yine uzlaştırmacı tarafından raporlar hazırlanıp bu raporlar üzerinden olayın tüm tarafları bir araya getirilebilir. Bu aşamada anlaşma durumunun çok büyük sıklıkla görüleceği düşünülmektedir. Zira ne şikâyetçi ne de şikâyet edilen taraf olay öncesi,

olaya konu tüm belge ve bilgileri yargı sistemi içinde açık ve şeffaf bir biçimde elde etme ve uzmanına yorumlatma şansına çoğu zaman sahip olamamaktadır. Uzman tarafından yapılan bu değerlendirme adalet sistemi içinde olacağından olayı tüm açıklığı ile birlikte ortaya koyacaktır. Bu noktada çoğu kez anlaşma imkânı bulunacağı ve sorunun çözüleceği ihtimali göz önüne alınmalıdır. Çözüm olmadığı takdirde konu tekâmül etmiş dosya ile birlikte yargıç önüne mutlaka gelecektir.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Kaynaklar**

- Akil, C. (2011). Medeni yargılama hukukunda mahkeme tarafından atanan bilirkişi-uzman tanık ayrımı. *Ankara Barosu Dergisi*(2), 171-183.
- Avaner, T., & Fedai, R. (2019). Türk Kamu Yönetiminde Ofis Sistemi: E-Devlet Uygulamalarından Dijital Dönüşüm Ofisine. *Amme İdaresi Dergisi*, 52(2).
- Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi. (1950). İnsan Haklarının ve Temel Özgürlüklerinin Korunmasına İlişkin Sözleşme. *Roma*, 4, 1950.
- Aymaz, A. (2017). 6100 sayılı Hukuk Muhakemeleri Kanunu'na göre Sulh Hukuk Mahkemelerinin kira ilişkisinden doğan davalarda görevi According to the civil procedure law numbered 6100, duties of the civil courts of peace for the tenancy relationship conflict cases.
- Batır, U. (2013). E-Devlet Uygulamalarından Adalet Bakanlığı Ulusal Yargı Ağı Bilişim Sistemi Portalı (UYAP)'ın Etkinliğini Belirlemeye Yönelik Ankara Barosu Avukatları Üzerine Bir Alan Araştırması. In: Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi. Eğitim Bilimleri ....
- Benli, H. E. (2015). *Yargı Sisteminin Etkin İşleyişi ve Ekonomik Büyüme: Türkiye Örneği, 1980-2010*. (Doktora Tezi). Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Bruce, J. (1998). Tenure Brief, Review of Tenure Terminology, Land Tenure Center. *An Institute for Research and Education on Social Structure, Rural Institutions, Resource Use, and Development, University of Wisconsin*, 8.
- Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2013). *Research methods in education*: routledge.
- Çoruhlu Y. E. , ve Demir, O., (2014). Vakıf Taşınmazların Yönetim Sorunlarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Durum Tespiti Çalışması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , vol.4, no.1, 94-106.
- Çoruhlu, Y. E., Uzun, B., & Yıldız, O. (2020). Zoning plan-based legal confiscation without expropriation in Turkey in light of ECHR decisions. *Land use policy*, 95, 104598.

- Çoruhlu, Y. E., Demir, O., Yıldız, O., & Yılmaz, H. (2016). Kültür Varlığı Tescilli Taşınmazların, Kurucu Vakıfları Adına Tescili: Vakıflar Kanunu 30. Madde Uygulaması. *İstanbul Barosu Dergisi*, C, 90, 1.
- Dale, P., & McLaughlin, J. (1999). Land Administration. In: Oxford University Press Inc.
- Denscombe, M. (2014). *The good research guide: for small-scale social research projects*: McGraw-Hill Education (UK).
- Durman, O. (2002). Yargıtay Kararları Işığında Kadastro Mahkemelerinde Yargılama. *Beta Yayınları*.
- Ercan, İ. (2000). Yargıtay Kararlarında Oluşan Son Eğilimlerle Kamulaştırma, Acele İşlerde El Koyma, Acele Kamulaştırma. *İstanbul*, yy.
- Eren, F. (1977). The meaning to be given to the concept of property of civil law according to the constitution and new developments. *AÜHF Yayınları*, 408.
- Eren, F. (2012). *Property Law: Yetkin Publishing*.
- Gazete, R. (20.01.1982). İdari Yargılama Usulü Kanunu. *Erişim adresi: http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5, 2575*.
- Gençay, G. (2016). Orman sınırları içinde tapu iptali kararlarının mülkiyet hakkını ihlal etmesi sorunu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(1), 75-89.
- Göktepe, H. (2010). *Türk Hukukunda Kamulaştırma-Kamulaştırmaz El Atma ve Eşya Hukuku Yönünden Sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, İÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Göktepe, H. S. (2010). *Türk Hukukunda Kamulaştırma-Kamulaştırmaz El Atma ve Eşya Hukuku Yönünden Sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, İÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Görgülü, H. H. (2005). *Veri Zarflama Analizi ve Türk Yargı Sisteminin Etkinliğinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Güler, A., & Karaca, C. (2017). Bilirkişilik Müessesesi ve Vergilendirilmesi *2nd International Conference on Scientific Cooperation for the Future in the Economics and Administrative Sciences*, 159-164.
- Güreler, Ş. (2011). *Kamuda etkinlik, verimlilik ve e-devlet*. DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü,
- Güzel, D., & Deligöz, K. (2014). Uyap Bilişim Sisteminin Türk Yargı Sisteminde Kullanılmasının Toplam Kalite Yönetimi Açısından İncelenmesi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(7), 63-78.
- Kök, A. N. (2017). 6754 sayılı bilirkişilik kanunu neler getirdi? *Journal of Judgments by the Court of Jurisdictional Disputes/Uyusmazlık Mahkemesi Dergisi*(10).
- Kuru, B., Arslan, R., & Yılmaz, E. (2013). *Medeni Usul Hukuku Ders Kitabı, 24. B, Ankara: Yetkin*.
- Küçükyağcı, N. (2012). *Geçmişten Günümüze Türk Yargı Sistemi Ve Yargı Bürokrasisi*. (Başbakanlık Uzmanlık Tezi). Ankara.
- Meriç, A., Erkuş, H., & Kaygusuzoğlu, M. (2016). Bilirkişilik Müessesesinde Yaşanan Sorunlarla İlgili Muhasebe Meslek Mensupları Ve Hakimlerin Algısı Üzerine Bir Araştırma. *Journal of Accounting & Finance*(71), 23,24.
- Odabaş, H. (2008). Elektronik Belge Düzenleme Yaklaşımları ve Türkiye’de E-devlet Uygulamalarında Elektronik Belge Yönetimi-Electronic Records Arrangement Approaches and Electronic Records Management at E-government Applications in Turkey. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 121-142.
- Özdemir, Y. (2018). *Türk Hukukunda kamulaştırmaz el atma/Confiscation without expropriationin Turkish Law*.
- Özmen, E. S., & Aydın, G. S. (2014). Tapu İptal Davası Olarak Yanlış Adlandırma ile Açılan Davalar (Tescili İsteme Davası/Yolsuz Tescilin Düzeltilmesi Davası). *İstanbul Barosu Dergisi*, C, 88, 6.
- Papakçı, A. (2016). Hukuki Bilirkişilik. *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi*, 22(1), 433-456.
- Pehlivan, C. (2008). *Kamulaştırmada bedel tespiti*. İstanbul Kültür Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü/Hukuk Anabilim Dalı,
- Pekcanitez, H., Atalay, O., Özekes, M., Atalı, M., Erdönmez, G., Akkan, M., . . . Taş Korkmaz, H. (2013). *Medenî Usûl Hukuku*, 14. Bası, Ankara.
- Resmi Gazete. (2.7.1965). *Kat Mülkiyeti Kanunu*. (12038).
- Resmi Gazete. (4.2.2011). *Türk Borçlar Kanunu*. (27836).
- Resmi Gazete. (7.10.2004). *Adli Yargı İlk Derece Mahkemeleri ile Bölge Adliye Mahkemelerinin Kuruluş, Görev ve Yetkileri Hakkında Kanun*. (25606).
- Resmi Gazete. (8.9.1956). *Orman Kanunu*. (9402).
- Resmi Gazete. (8.11.1983). *Kamulaştırma Kanunu*. (18215).
- Resmi Gazete. (8.12.2001). *Türk Medeni Kanunu*. (24607).
- Resmi Gazete. (9.7.1987). *Kadastro Kanunu*. (19512).

- Resmi Gazete. (26.1.2013). *Yargıtay Büyük Genel Kurul Kararı*. (28540).
- Resmi Gazete. (1982a). Kanunu, İdari Yargılama Usulü, Resmi Gazete (Sayı: 17580). *Erişim adresi: <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5,2575>*.
- Resmi Gazete. (1982b). Türkiye Cumhuriyeti Anayasası. *Başbakanlık Basımevi*, 17863, 129-182.
- Sezer, Ö., & Cengiz, S. (2019). Yeni Kamu Yönetimi Anlayışının Türk Yargı Sistemine Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(20), 196-215.
- Şahiniz, S. (2006). Teoride ve uygulamada kamulaştırmaz el koyma. *Seçkin Yayıncılık, Ankara*.
- Şimşek, S. (2014). Arazi ve Arsa Düzenlemesi İşlemlerinin İptaline İlişkin Yargı Kararının Sonuçları ve Eski Halin İhyası İçin Açılacak Davalarda Görevli Yargı Meselesi. *Adalet Dergisi*(48 s 291), 308.
- Taş, İ. E., Uçacak, K., & Çiçek, Y. (2017). Türk Kamu Yönetiminde Yaşanan Dijital Dönüşümün Bürokratik İşlemlerin Azaltılması Üzerindeki Etkileri. *Türk Kamu Yönetiminde Yaşanan Dijital Dönüşümün Bürokratik İşlemlerin Azaltılması Üzerindeki Etkileri*, 22.
- Türk, D. (2005). *İnşaat Sözleşmelerinde Uyuşmazlıklar ve Uyuşmazlıkların Çözüm Yolları*. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Türkan, A., & Erdinçertürk, A. (2017). Akademik Çalışmalar Bağlamında UYAP'a Bakış. *Dicle Üniversitesi Adalet Meslek Yüksekokulu Dicle Adalet Dergisi*, 1(2), 69-86.
- "[Http://www.adlisicil.adalet.gov.tr/istatistik\\_2017/istatistik2017.pdf](http://www.adlisicil.adalet.gov.tr/istatistik_2017/istatistik2017.pdf)." 2017, accessed 10/09/2018.
- "Dava Türleri." Erişim adresi: <https://vatandas.uyap.gov.tr/main/vatandas/index.jsp?v=1288>, 2020, accessed 3.24.2020, 2020.
- Wellington, J. (2015). *Educational research: Contemporary issues and practical approaches*: Bloomsbury Publishing.
- Yeşil, U. (2015). *Uyuşmazlık Mahkemesi Ve Türk Yargı Sisteminde Görev ve Hüküm Uyuşmazlıklarının Çözüm Usulü*. (Doktora Tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.
- Yıldırım, R., Odyakmaz, Z., Atik, A. Ç., Çalışkan, A. Z., Ersöz, A. K., & Deniz, Y. (2016). İdare Mahkemeleri Örneğinde Birlikçilik Uygulamaları. *Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 19(1), 9-38.

## Bartın Halatçıyaması Mevki Engelsiz Parkı Peyzaj Tasarım Projesi

Asım Cenk ASLAN<sup>1</sup>, Nurhan KOÇAN<sup>2\*</sup>

### Öz

Kent içerisinde konumlanmış yeşil alanların kente ve kentliye önemli çevresel, ekonomik ve sosyal faydaları vardır. Kentsel yeşil alanlar, kentteki yaşam kalitesini iyileştirmek üzere planlanmış olup günümüzde farklı kavramlarla yeşil kentler yaratılmasında rol oynamaktadırlar. Kentsel yeşil alanlar insanlara psikolojik fayda sağlayan kentlinin doğa ile iletişim kurduğu alanlardır. Biyoçeşitliliği yüksek doğal ekosistemler uluslararası düzeyde korunurken, kentte yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde rol oynayan yeşil alanlara yönelik gerekli farkındalık henüz yaygınlaşmamıştır. Kentsel yeşil alanların bu önemini göz önünde bulunduran peyzaj mimarlığı disiplini, kentsel yeşil alanları etkin bir şekilde şekillendirmekte ve yeşil alan bilinci yaratmaktadır. Bunun için kentsel yeşil alan plan ve tasarımları ile yeşil alanlar günlük yaşantıya dahil edilmektedir. Bu kapsamda çalışmada Bartın il merkezi Halatçıyaması mevkiinde güncel durumda boş olan alan engelli kullanıcılara yönelik planlama öğelerinin de içinde bulunduğu bir örnek alan olarak seçilmiştir. Çalışmada bölgenin isteklerine uygun olarak eskiz çalışmaları ile tasarım alternatifleri üretilmiş ve daha sonrasında bu tasarımlar Autocad 2021 programı kullanılarak proje taslağı oluşturulmuştur. Peyzaj tasarım projesinin nihai hali, SketchUp 2020 Pro 2020 yazılımı ile 3 boyutlu olarak modellenmiş ve Lumion 8.5 yazılımı ile projenin 3 boyutlu görselleştirme çalışmaları tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda engelli kullanıcılara yönelik bir park kazanımı sağlanacak ve proje Bartın yerel yönetimi için fikir oluşturacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kent parkı, Engelsiz park, Bartın, Peyzaj tasarım.

## The Landscape Design Project of Bartın Halatciyaması Barrier Free Park

### Abstract

Green areas located within the city have significant benefits to the city and the urbanites such as environmental, economic and social. Urban green spaces have been planned to improve the quality of life in the city and today they play a role in creating green cities with different concepts. Urban green spaces are areas where citizens who provide psychological benefits and people communicate with nature. While natural ecosystems with high biodiversity are protected at the international level, the necessary awareness of green areas that play a role in improving the quality of life in the city has not yet become widespread. Considering this importance of urban green spaces, the landscape architecture discipline effectively shapes urban green spaces and creates green space awareness. For this, green areas are included in daily life thanks to the urban green space plans and designs. In this context, the study area was selected as a sample area that is in the Bartın city center in the district of Halatciyaması. The area is currently vacant and the project was designed including planning elements for disabled users. In the study, design alternatives were produced with sketch studies in accordance with the wishes of the region, and then these designs were created using the Autocad 2021 program. The final version of the landscape design project was modeled in 3D with SketchUp 2020 Pro 2020 software and the 3D visualization of the project was completed with Lumion 8.5 software. As a result of the study, a park acquisition will be provided for disabled users and the project will create an idea for Bartın local administration.

**Keywords:** City park, Barrier-free park, Bartın, Landscape design.

<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fak. Peyzaj Mimarlığı Bölümü Bartın, Türkiye, asimcenkaslan@gmail.com

<sup>2</sup>Bartın Üniversitesi Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fak. Peyzaj Mimarlığı Bölümü Bartın, Türkiye, nkocan@bartin.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9486-5333> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9433-7007>

## 1. Giriş

Tarihin farklı dönemlerinde farklı sosyo-kültürel ve ekonomik işlevleri üstlenen kentler, işlevsel değişime uygun olarak her dönemin yaşam tarzı ve özelliklerini yansıtmakta ve dinamik bir nitelik taşımaktadır. Kent yaşamı içerisinde yer alan ve kamusal dış mekânlar olarak da adlandırılan açık yeşil alanlar tüm toplumun yararlanmasına olanak tanıyan mekânlardır. Kamusal dış mekânların sürdürülebilir kullanımı, mekânların kalitesi ve güvenliğinin yanı sıra erişilebilir ve tüm bireyler için eşit kullanım olanaklarına sahip olması ile mümkün olmaktadır (Kuter, 2017). Kent parkları; sayısız işlevleri olan, kentlilerin yaşam kaliteleri üzerinde önemli role sahip kamusal alanlardır. Parklar her yaşta ve fiziksel özelliğe sahip kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır. Bu nedenle bu tür alanların evrensel tasarım kriterlerine uygun şekilde tasarlanması ve herkese hizmet etmesi gerekir. Yaşamın bir dönemi veya tümünde geçici veya sürekli olarak bağımsız hareket kısıtı olan bireyler için bu alanların kullanımı mekanın tasarımı ve donatılarının uygunluğuna bağlıdır. Engelli bireylerin sosyal yaşama katılımında park alanları ve yeşil alanlar şüphesiz çok önemlidir. Parklar, tüm kullanıcılara hizmet vermesi gereken kamusal alanlardan birisi olmasına rağmen çoğunlukla tasarımda yapılan eksikli ve hatalardan dolayı bu işlevi yeterli olarak yerine getirememektedir. Peyzaj tasarımı açısından engelli bireylerin gereksinimleri engelli olmayan bireylerle benzer olmakla birlikte “biçim” açısından bazı “özel” önlemler gerektirmektedir. Bu tür önlemleri kapsayarak tasarlanmış olan engelsiz parklar tüm kullanıcı grupları tarafından kullanılabilen ve böylece toplumsal bütünleşme sağlanmaktadır (Özdener, 2006).

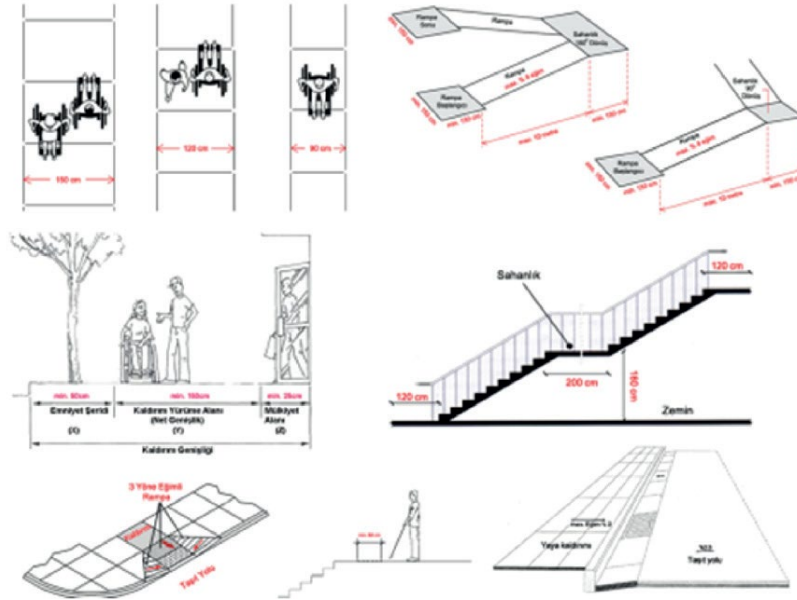
Parklar insanların dinlenme, eğlenme ve sosyalleşme gibi gereksinimlerini karşılayan açık mekânlardır. Engelli bireyleri topluma kazandırmak, insanlarla olan sosyal ilişkilerini güçlendirmek ve yaşam seviyelerini yükseltmek için engelsiz park tasarımları büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kentlerdeki tüm bireylerin hiç bir ayırım yapılmaksızın eşit bir şekilde parklardan yararlanabilmesi için, parkların erişilebilir ve elverişli donanıma sahip olması gerekir.

Park alanlarında engelli bireylerin karşılaştıkları sorunlar çoğunlukla şöyledir (Çelik ve ark., 2015);

- Standartlara uygun olmayan ölçülerdeki (genişlik ve eğim) gezinti yolları, rampalar ve merdiven ve rampa eksikliği,
- Sert zemin kaplamalarında parlak ve kaygan malzeme kullanımı,
- Engelli bireylerin kullanımına uygun olmayan kent mobilyaları,
- Yanlış bitkisel tasarımlar ile bitkisel alanlarda sulama ve diğer bakım hatalarından kaynaklanan sorunlardan oluşmaktadır.

Bu gösteriyor ki aslında engeller vücudumuzda değil çevremizdedir. Çevremizdeki bu engeller, bireylerin park ve rekreasyon alanlarını kullanmalarını kısıtlamakta, bu durum ise onlara ruhsal ve

bedensel yeni sorunlar yüklemektedir. Engelsiz park tasarımları, farklı etkinlik alanları ile tüm kullanıcılar için ulaşılabilir, erişilebilir, güvenli, bakımlı, rahat, konforlu ve çekici olmalıdır. Engelsiz parklar, her kullanıcı için erişilebilir ve bütün duyuları ile hissedilebilir nitelikte olmalıdır. Engelsiz park tasarımının temeli, park alanlarında mekânsal kullanım çeşitliliği ve bu mekanlarda kullanılan ürünlerin niteliğini kapsamaktadır (Şekil 1) (Çelik ve ark., 2015).



Şekil 1. Park içi yollar, rampa, merdivenlere ait standartlar (Engelsiz Kent, 2020)

Kentsel alanlarda yüksek düzeyde sosyal faydanın sağlanması için; farklı grupların toplumdaki izole edilmesini önleyecek rekreasyon alanları ve yeşil alanların tasarımı, uygulanması ve yönetimi (Coles ve Caserio, 2001) ülkemizin de öncelikli konularından olmalıdır. Bu anlamda ülkemizde engelli bireylerin kullanabileceği “engelli parkları” yapılmıştır. Ancak iyi niyetle yapılmış olmasına rağmen engelli bireyleri izole eden, soyutlayan, ötekileştiren yönü ile bu uygulama sosyal hedefine ulaşmamıştır. Çelik ve Seyidoğlu (2010)’a göre engelli bireylerin % 85’i toplumun her kesiminden insanların bir arada kullanabileceği engelsiz parkların yapılmasını istemektedir.

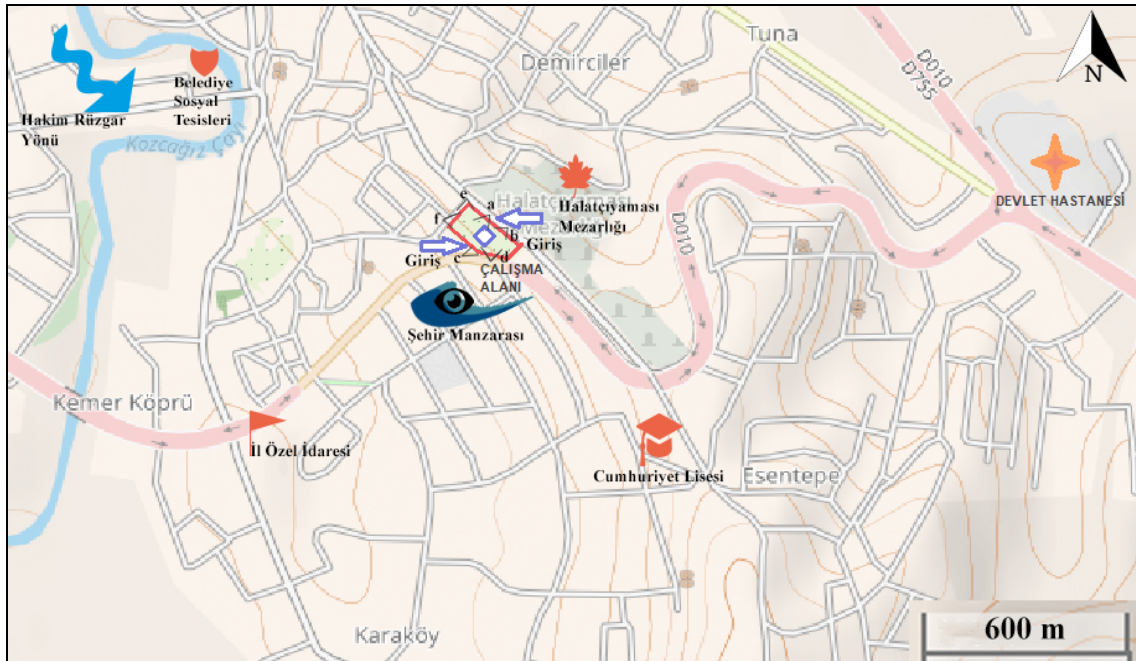
Bu çalışmada; engelsiz parklardaki açık alanlar, yarı açık alanlar, kent mobilyaları, bitkilendirme gibi peyzaj tasarım konuları, çeşitli literatür verilerinin analiz edilmesi ile değerlendirilmiş ve örnek bir alan üzerinde projelendirilmiştir.



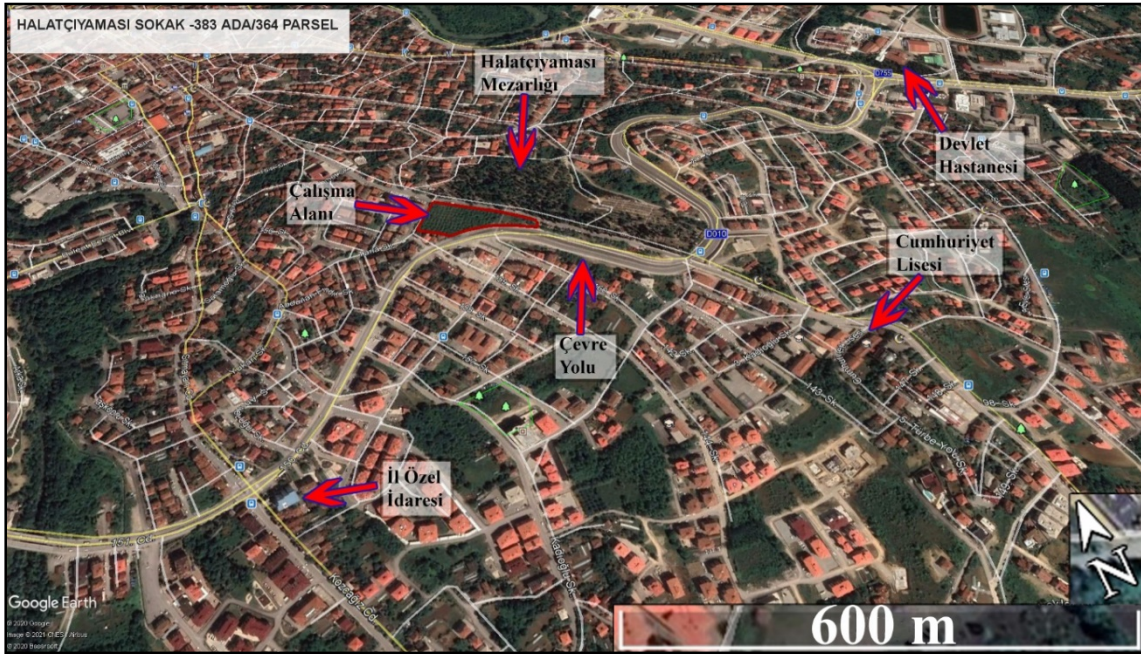
## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı Batı Karadeniz Bölgesi'nde Bartın ili sınırları içerisinde  $32^{\circ} 22'$  doğu boylamı,  $41^{\circ} 40'$  kuzey enlemi arasında yer almaktadır. Bartın ili doğuda Kastamonu, güneyde Karabük, batıda Zonguldak illeri ile kuzeyde Karadeniz ile komşudur. Bartın ilinin idari sınırları içerisinde; Merkez, Amasra, Kurucasıle ve Ulus olmak üzere dört ilçe yer almaktadır. Merkez ilçeye ait Arıt ve Kozcağız Beldeleri, Ulus İlçesine ait Kumluca Beldesi bulunmaktadır (Anonim, 1998). Çalışma alanı Bartın ili Merkez ilçesinde bulunan Demirciler Mahallesi, Halatçıyaması sokak adresindeki, 383 ada ve 364 parsel numaralı imar alanıdır (Şekil 2, 3).



Şekil 2. Çalışma alanı sorvey paftası



Şekil 3. Araştırma alanının konumu (Google Earth Pro, 2021)

Alan 8113, 76 m<sup>2</sup>'dir (Parsel Sorgu, 2020). Alan Bartın'ı komşu illere bağlayan çevre yolu üzerinde eğimli bir topografyada bulunmaktadır. Alan kent merkezine yakındır. Alanın kuzeyinde Bartın kent mezarlığı bulunmaktadır. Alanın doğusunda bir adet kafe, 1 adet büfe, oturma alanları ve seyir terasları bulunmaktadır. Alan ilköğretim ve lise okullar bölgesindedir. Alanda mevcut durumda alt ve üst kotu bir merdiven sağlamaktadır. Çalışma alanında mevcut durumda herhangi bir altyapı ve üstyapı bulunmamaktadır. Alana erişim için kullanılan kuzey ile güney yolu arasında 9.5 metrelik kot farkı vardır (Şekil 3, 4).





Şekil 4 (a-f). Alanın mevcut görüntüleri

Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Bartın'da tipik deniz iklimi hakimdir. Yazlar serin, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Hemen hemen her mevsimde yağış alan Bartın, özellikle sonbahar ve kışın daha fazla yağış alır. Yağışlar yazları yağmur, kışları yağmur ve kar şeklindedir. Bartın'da yıllık ortalama sıcaklık 12,5 °C'dir. Bartın'da yaz günleri sayısı yıllık 101,3 gün, ortalama kar yağışlı gün sayısı yıllık 19,3 gündür. Bartın'da ölçülen ortalama toplam yağış miktarı yıllık 1030 mm'dir. Bartın'da yıllık ortalama bağıl nem %78'dir. Bartın'da hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur (Anonim, 2006).

Bartın nüfusu 2019 yılı verilerine göre 198.249'dir. Bu nüfus, 97.908 erkek ve 100.341 kadından oluşmaktadır. Yüzde olarak ise nüfusun %49,39'u erkek, %50,61'i kadındır (Bartın Nüfus, 2020). 2013 verilerine göre Bartın'da 6571 engelli kişi bulunmaktadır (Engelli Sayıları, 2013). 2020 verilerine göre 28.663 yaşlı birey yaşamaktadır (İstatistik Bülteni, 2020).

## 2.2 Yöntem

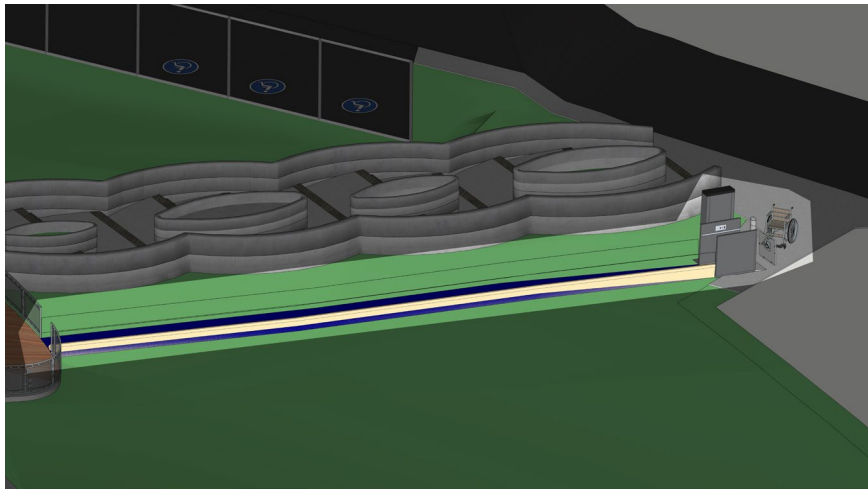
Araştırma alanında gerekli incelemeler yapılarak, alanın doğal ve kültürel verileri saptanmıştır. Alanda belirli noktalardan fotoğraf çekimleri yapılarak mevcut durum ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan gözlem ve incelemeler ile alanın mevcut durumu karşılaştırılarak alan kullanım esasları belirlenmiş, sorunlar tespit edilmiş ve buna yönelik alan kullanım ve tasarım esasları şekillendirilmiştir. Mevcut durumla ilgili sörveye dayanarak engelli kullanıcılara yönelik standartlara uygun bir tasarım yapılmıştır. Eskiz çalışmaları ile tasarım alternatifleri üretilmiş ve daha sonrasında bu tasarımlar taratılarak bilgisayar ortamına aktarılmış Autocad 2021 programı kullanılarak proje taslağı oluşturulmuştur (Şekil 5). Projenin nihai hali SketchUp 2020 Pro 2020 yazılımı ile 3 boyutlu olarak modellenmiş ve Lumion 8.5 yazılımı ile projenin 3 boyutlu görselleştirme çalışmaları tamamlanmıştır.



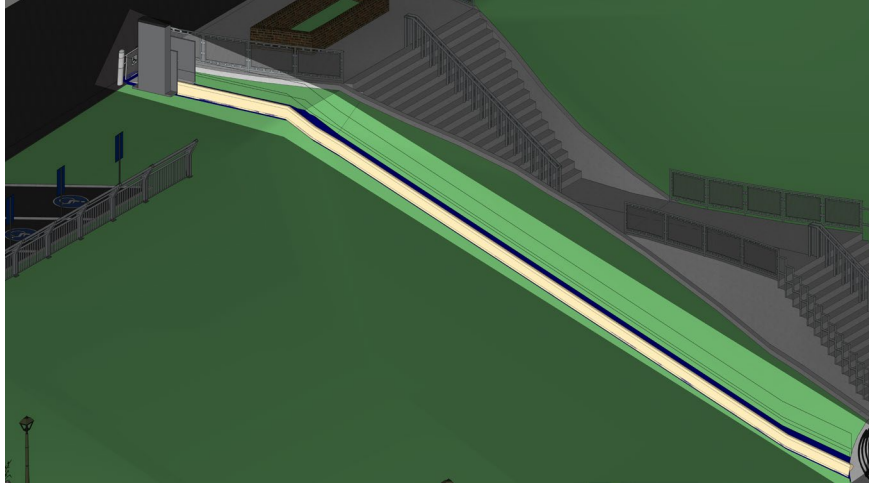
Şekil 5. Aurocad ortamında çalışma alanına yönelik tasarımın çizilmesi aşaması

### 3. Araştırma Bulguları

Peyzaj tasarım projesinde alanın kuzeye bakan bölümünden 3 adet normal, 1 adet engelliler için olmak üzere 4 farklı giriş düşünülmüştür. Engelliler için olan girişte tekerlekli sandalyeler için otomatik raylı sistem düşünülmüş ve alanı dikine kesen bir eksenle konumlandırılmıştır. Alana ait eşyükselti verileri ile yapılan ölçümlerden alanın ortasında düşünülen meydan ile alanın kuzeyinde bulunan engelli rampası arasında %33.3'lük bir eğim olduğu tespit edilmiştir. Meydan ile alanın güney girişi arasında ise %11.3'lük bir eğim bulunmaktadır. Alanın güney girişinde bir otomatik raylı sistem düşünülmüştür. Bu sistemle engellilerin eğimli rampada alanın orta noktasında ve kuzeyinde bulunan kullanımlara rahat erişimi sağlanacaktır (Şekil 6,7,8,9).



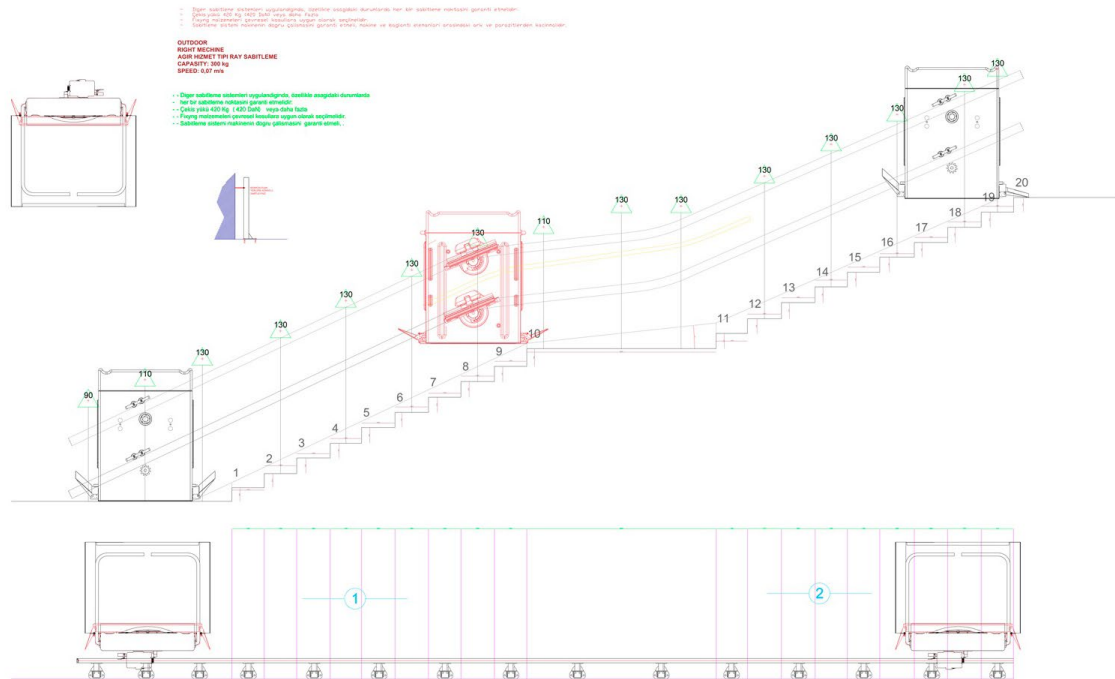
Şekil 6. Güney-meydan yönlü engelli raylı taşıma sistemi



Şekil 7. Kuzey-meydan yönlü engelli raylı taşıma sistemi



Şekil 8-9. Engelli asansörü örnekleri



Şekil 10. Engelli asansörü teknik çizim detay

Alanın kuzey ve güney tarafından geçen yol ile bağlantılı otoparklar düşünülmüştür. Alanın bulunduğu yer itibarı ile projelendirme sonrasında oluşacak yoğunluk düşünülerek 33 araçlık otopark alanının 9 adedi engelliler için ayrılmıştır. Uslu (2009) engellilerin bağımsız hareket edebilmesi için kamusal mekanların bitkisel tasarımında bazı hususlara dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Döşeme üzerinde tekerlekli sandalye hareketini engelleyecek meyve, kozalak, kırık dal parçaları ya da yere yakın dallanan ağaç türleri ile yüzlek köklü türler özellikle yürüme yolları üzerinde kullanılmamalıdır (örneğin; *Pinus* sp., *Quercus* sp., *Aesculus* sp. gibi). Dikenli türlerin (*Rosa* sp., *Berberis* sp. gibi) dikenleri, dal parçaları, yürüme yolu üzerinde ya da kenarında fark edemeyen bireylere batacağından dikkatli kullanılmalıdır. Yüzlek köklü türler (*Salix* sp., *Acer* sp. gibi) tekerlekli sandalye veya bastonun takılmasına neden olabilir. Projede yer alan bitkiler seçilirken çiçek ve yaprakları ile alerjenik olmayan, zehirli meyve ve çiçeklere sahip olmayan, dikensiz ve sivri uçlu dallar vermeyen türlerden olmasına dikkat edilmiştir. Bartın ilindeki iklim şartlarına uygun, az sulama ve bakım gerektiren bitkiler göz önüne alınarak bakım maliyeti düşürülmüştür. Alanın kuzey girişinde bisikletliler için bisikletlerini bırakabilecekleri park alanı düşünülmüştür.

Projeye ait tüm yapısal ve bitkisel elemanlar ihtiyaç listesi oluşturularak listelenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2). Projede alan kullanımları ve tasarımlarına ilişkin öneriler şekiller (Şekil 11-Şekil 20) üzerinde gösterilmiştir. Projede genel olarak simetrik bir tasarım anlayışı izlenmiştir.

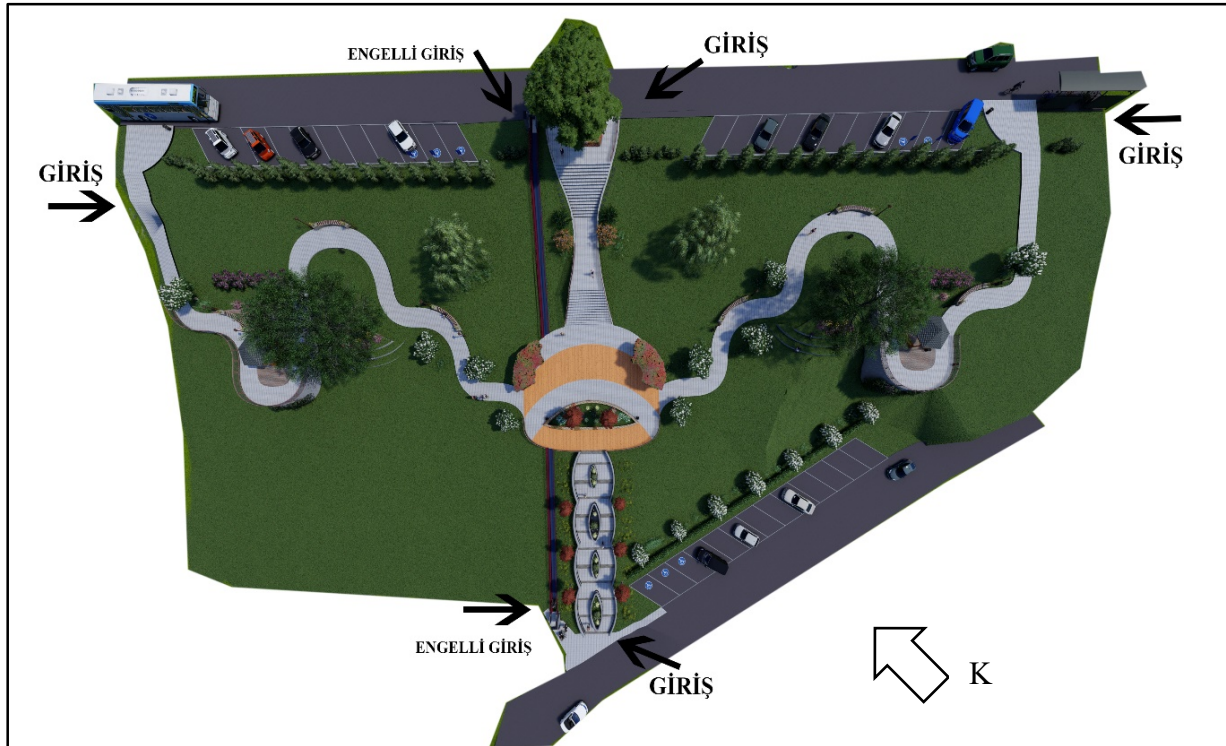
**Tablo 1.** Donatı elemanı ihtiyaç listesi

| Donatı Adı                      | Adet | Kapladığı Alan     |
|---------------------------------|------|--------------------|
| Beton yer döşemesi              | -    | 650 m <sup>2</sup> |
| Asfalt-otopark döşemesi         | -    | 550 m <sup>2</sup> |
| Ahşap yer döşemesi              | -    | 140 m <sup>2</sup> |
| Engelli yolu                    | -    | 60 m <sup>2</sup>  |
| Otomatik raylı sistem korkuluğu | -    | 110 m              |
| Engelli taşıma sistemi          | 2    | -                  |
| Metal korkuluk                  | 100  | -                  |
| Aydınlatma elemanı              | 6    | -                  |
| Beton oturma elemanı            | 6    | -                  |
| Ahşap oturma elemanı            | 2    | -                  |
| Metal pergola                   | 2    | -                  |
| 6 köşeli kamerye                | 2    | -                  |

**Tablo 2.** Bitkisel materyal ihtiyaç listesi

| Bitkinin Latince Adı               | Bitkinin Türkçe Adı        | Adet     |
|------------------------------------|----------------------------|----------|
| <i>Alumroot burgundy</i>           | Alumroot                   | 18 adet  |
| <i>Azalea rhododendron</i>         | Açelya                     | 10 adet  |
| <i>İlex aquifolium</i>             | Çobanpüskülü<br>(Ağaç)     | 26 adet  |
| <i>İlex opaca</i>                  | Çobanpüskülü (Çalı)        | 6 adet   |
| <i>Lagerstroemia crape myrtles</i> | Beyaz Oya Ağacı            | 16 adet  |
| <i>Quercus pagoda</i>              | Pagoda Meşesi              | 2 adet   |
| <i>Salix matsudana</i>             | Tirbişön Söğüdü            | 2 adet   |
| <i>Acer rubrum</i>                 | Kırmızı Akçaağaç           | 8 adet   |
| <i>Fraxinus excelsior</i>          | Adi Dişbudak               | 1 adet   |
| <i>Muhlenbergia capillaris</i>     | Pembe Pamuk Şekeri<br>Çimi | -        |
| <i>Helleborus orientalis</i>       | Bohça Otu                  | -        |
| <i>Cortaderia selloana</i>         | Pampas Otu                 | -        |
| <i>Miscanthus sinensis</i>         | Çin Gümüş Otu              | -        |
| <i>Hedera hibernica</i>            | Sarmaşıklı Çit             | 45 metre |

Alanda eğimden dolayı teraslamalar yapılmış bu teraslarda oluşturulan istinat duvarları kademelendirilerek oturma duvarı şeklinde kullanılmıştır. Yine alanda kuzey tarafta yol kotunda ağaç altı oturma birimleri yapılmıştır. Duvarların soğuk görünümünü perdelemek için sarılıcı bitkiler tercih edilmiştir.

**Şekil 11.** Peyzaj tasarım projesi plan görünümü



Şekil 12. Kuzey ana giriş perspektif görünümü



Şekil 13. Kameriye ve oturma alanı perspektif görünümü

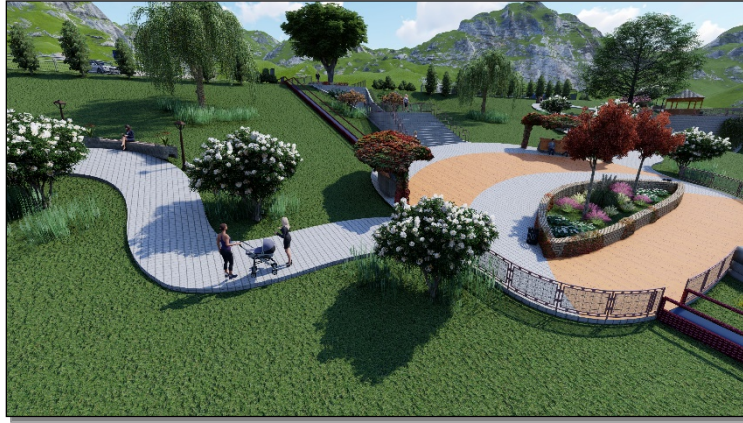


Şekil 14. Güney otoparkı ve kameriye perspektif görünümü





Şekil 15. Güney girişi ve otomatik raylı sistem perspektif görünümü



Şekil 16. Meydan peyzaj tasarımı perspektif görünümü



Şekil 17. Meydan bitkisel tasarımı perspektif görünümü



Şekil 18. Bisiklet parkı perspektif görünümü



Şekil 19. Meydan ve kuzey girişi perspektif görünümü



Şekil 20. Güney otoparkı ve alanın genel perspektif görünümü

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada kent içinde konumu ile önemli bir yerde bulunan çalışma alanında kentsel kamusal bir kullanımın sağlanması için işlevsel ve estetik yönden uyumlu peyzaj tasarım önerileri geliştirilmiştir. Alan öncelikle engelli kullanıcılar düşünülerek tasarlanmıştır. Çalışma alanı Bartın'ı Karadeniz'de diğer illere bağlayan geçiş güzergahında olduğu için yol üzeri dinlenme alanı olarak da hizmet verecek ve kenti ziyaret eden veya geçiş durumunda olan kullanıcılara da dinlenme ortamı sağlayacaktır. Alanın kuzey girişi yüksek kotta olduğu için ziyaretçiler bu alandan kuşbakışı olarak şehri izleyip oturup dinlenebileceklerdir.

Alanın kullanımının öncelikle alana erişimle sağlanacağı düşüncesiyle hem alt kotta hem de üst katta araçla ve yaya olarak bağlantı sağlanmış ve otoparklar ile bisiklet park etme yerleri yapılmıştır. Bu şekilde oldukça işlek olan çevre yolunda alana giriş ve çıkışlar güvenli bir şekilde yapılabilecektir. Mevcut alanda, doğu yönünde mevcut işletmeler bulunmaktadır. Bu işletmeler çay bahçesi ve büfe içeren alandır. Dolayısıyla çalışma alanı bu alanın bitişiğinde olduğu için tekrar bir kafe, büfe gibi kullanımlar düşünülmemiş olup alanı toplumdaki her kesimin rahatlıkla ve ücretsiz kullanması hedeflenmiştir. Bu düşünceyle alanda yapısal kullanımlardan kaynaklanan yeşil alan kaybı da azaltılmıştır.

Çalışma alanını engelli bireylerin rahatlıkla kullanabilmesi için arazinin topografya çözümü, kullanımlara erişim ve donatı elemanlarının seçiminde standartlara uyulmuştur. Otomatik raylı sistem ise Bartın'daki mevcut park ve rekreasyon alanlarında olmayan bir uygulamadır. Projenin uygulanması durumunda kent için ilk olacaktır. Bu örnek uygulamanın başka alanlar için de teşvik edici olacağı düşünülmektedir. Çalışmanın sonucunda projenin uygulanması durumunda bu alanın fiziksel mekân kalitesi artacak ve atıl duran bu alan kamusal açık yeşil alan sistemine katılmış olacaktır. Çalışma ile kent halkı ve ziyaretçilere alternatif bir dinlenme alanı kazandırılmış olacaktır.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Kaynaklar**

- Anonim. (1998). *Cumhuriyetimizin 75. Yılında Bartın*. İl Özel İdare Müdürlüğü, Bartın.
- Anonim. (2006). *Zonguldak, Bartın, Karabük Planlama Bölgesi 1/100000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Araştırma Raporu*. JEO-TEK ve UTTA Ltd. İş. Ortaklığı, Ankara.
- Bartın Nüfusu, (2020). <https://www.nufusu.com/il/bartın-nufusu> (Erişim Tarihi: 25.12.2020)
- Coles, R., Caserio, M. (2001). *Social Criteria for The Evaluation and Development of Urban Green Spaces*. URGE (Urban Green Environment, Development of Urban Green Spaces to Improve) The Quality of (Life in Cities) and Urban Regions. EVK-4- ET-2000-00022.
- Çelik, A., Ender, E., Seyidoğlu Akdeniz, N. (2015). Engelsiz Parklarda Peyzaj Tasarımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2), 5-11. <http://www.ijans.org/index.php/ijans/article/view/351>
- Çelik, A., Seyidoğlu, N. (2010). Problems faced by users with disabilities in access to urban outdoors: Kocaeli sample", *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 5(24), pp. 3455- 3463.
- Engelli Sayıları, (2013). <https://www.haberturk.com/gundem/haber/830504-iste-o-harita>
- Engelsiz Kent, (2020). <http://engelsizkent.org/tasarim> (Erişim Tarihi: 25.12.2020)
- İstatistik Bülteni, (2020). Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, <https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/42250/istatistik-bulteni-2020-mart.pdf>
- Kuter, N. (2017). *Kamusal Dış Mekânlarda Engelliler İçin Tasarım: Ankara, Seğmenler Parkı Örneği*. 3, 93–110.
- Özdener, N. (2006). Mardin'de özürllüler görmezden gelinemez. *Kent ve Sağlık Sempozyumu*, Bursa, Bildiri Özetleri Kitabı, s: 367-368.
- Parsel Sorgu, (2020). <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 20.10.2020)
- Uslu, A. (2009) Kentsel Peyzajda Yaşlı / Engelli İçin Bağımsız Hareket Olanağı ve Evrensel Tasarım Kavramı, *Ufku Ötesi Bilim Dergisi*, Cilt 9 Sayı 1-2, s. 27-40.

## Dielectric Properties of Graded and Non-Graded InGaN/GaN MQWs

Ahmet Kürşat BİLGİLİ<sup>1\*</sup>, Mustafa Kemal ÖZTÜRK<sup>2</sup>, Süleyman ÖZÇELİK<sup>3</sup>,  
Adem TATAROĞLU<sup>4</sup>

### Abstract

In this study, dielectric properties of graded and non-graded InGaN/GaN multi quantum wells (MQWs), grown on sapphire( $Al_2O_3$ ) wafer by Metal Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD) technique, are investigated. In order to notice graded layer effect on characteristics of MQWs some of GaN layers are grown by doping In atoms. Dielectric function of films are determined by Swanepoel envelope method. Real and imaginer dielectric coefficient of the films are calculated by using refraction index and extinction coefficient. Differences in refraction index values are discussed for graded and non-graded samples. During determination of dielectric function variations of complex and imaginer dielectric coefficients with photon energy are shown for both samples

**Keywords:** Swanepoel envelope method, graded, non-graded, InGaN.

## Dereceli ve derecesiz InGaN/GaN MQW'lerin dielektrik özellikleri

### Öz

Bu çalışmada, Metal organik kimyasal buhar biriktirme(MOCVD) metoduyla safir ( $Al_2O_3$ ) üzerine büyütülen dereceli ve derecesiz InGaN/GaN MQW'lerin dielektrik özellikleri incelendi. Dereceli tabakanın MQW'nin karakteristikleri üzerine etkisini fark edebilmek için bazı GaN tabakalar In aşılansarak büyütülmüştür. Filmlerin dielektrik fonksiyonu Swanepoel zarf metodu ile belirlenmiştir. Filmlerin gerçel ve imajiner dielektrik katsayıları, kırılma indisi ve soğurma katsayıları kullanılarak hesaplanmıştır. Dereceli ve derecesiz örnekler için kırılma indisi değerlerindeki farklılıklar tartışılmıştır. Dielektrik fonksiyonunun belirlenmesi sırasında, her iki numune için kompleks ve imajiner dielektrik sabitlerinin foton enerjisine göre değişimleri gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Swanepoel zarf metodu, dereceli, derecesiz, InGaN.

<sup>1</sup>Gazi University, Physics Department, Ankara, Turkey, ahmet.kursat.bilgili@gazi.edu.tr

<sup>2</sup>Gazi University, Photonics Research and application center, Ankara, Turkey, mozturk@gazi.edu.tr

<sup>3</sup>Gazi University, Photonics Research and application center, Ankara, Turkey, sozcelik@gazi.edu.tr

<sup>4</sup>Gazi University, Physics Department, Ankara, Turkey, ademt@gazi.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-3420-4936>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8508-5714>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-3761-3711>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-2074-574X>

## 1. Introduction

Compounds such as GaN and InGaN formed by nitride based semiconductors are taking attention since the beginning of nineties. During growth of GaN layer on sapphire, because of lattice mismatch and the difference between thermal expansion coefficients, defects such as cracks may occur. These defects affects the performance of the device in a bad way but devices formed by nitride based semiconductors performs well at high temperature and frequency although they have such defects. They are preferred because of this property (Williams et al., 1969).

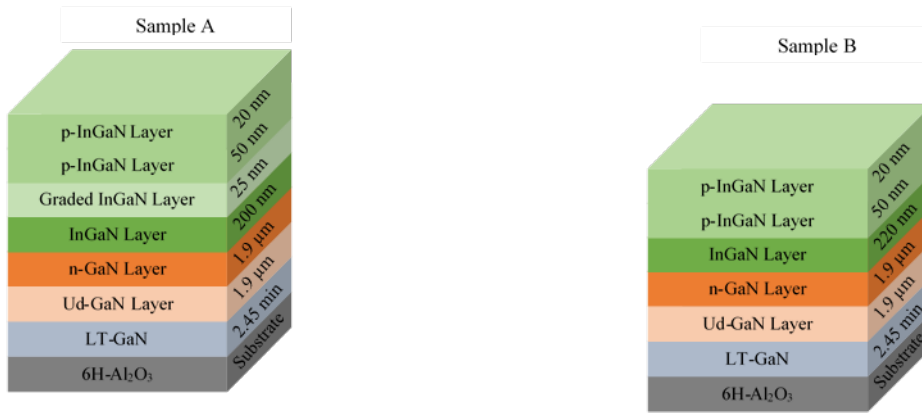
Today optical thin films play major role in directing light (Willardson et al., 1978). They are used in defence industry, solar cells, high electron mobility transistors and medicine (Strauss et al., 1977., Kroger et al., 1977). In parallel to technological advance, structure of these optical equipments becomes more complex. In order to gain performance desired from optical equipments, applications in optics subject becomes more important. Before making an optical modelling, to have knowledge on optical properties of used materials is also important. Optical properties of thin films forms a research field among classical optics, electrodynamics, solid state physics and quantum mechanics (Gu et al., 1975).

To calculate thickness and optical constants of thin films dependent on wavelength, is important in terms of both basic knowledge and technological development. Even a small change in refraction index makes serious shift in spectral response (reflection and transmission) of optical components of thin films. For this reason, accuracy of complex refraction index and thickness is important in terms of production of optical components successfully (Selim et al., 1977., Anthony et al., 1985). By the help of these parameters mentioned parameters will be calculated; optical energy band gap, defect levels, phonon and plasmon frequencies can be determined (Chu et al., 1985). Bilgili et al. determined optical properties of InGaN/GaN MQWs in an earlier study. In this study, dielectric properties of samples are investigated in the light of reference (Bilgili et al., 2019). By the help of optical constants gained from Swanepoel envelope method (1983), dielectric coefficients are calculated.

## 2. Experimental details

InGaN/GaN MQWs are grown on sapphire wafer by MOCVD as In graded and non-graded structures. Samples are cleaned under H<sub>2</sub> atmosphere for 10 minutes at 1100 °C before epitaxial films are grown. After cleaning procedure, growth operation started by nucleation GaN layer at 575°C. During growth, TMGa flux ratio is adjusted as 10 sccm, NH<sub>3</sub> flux ratio is adjusted as 1500 sccm and pressure is adjusted as 200 mbars. This nucleation layer has a thickness of 10 nm. After growth of nucleation layer, growth of GaN buffer layer started at 1070°C. This GaN buffer layer is grown with

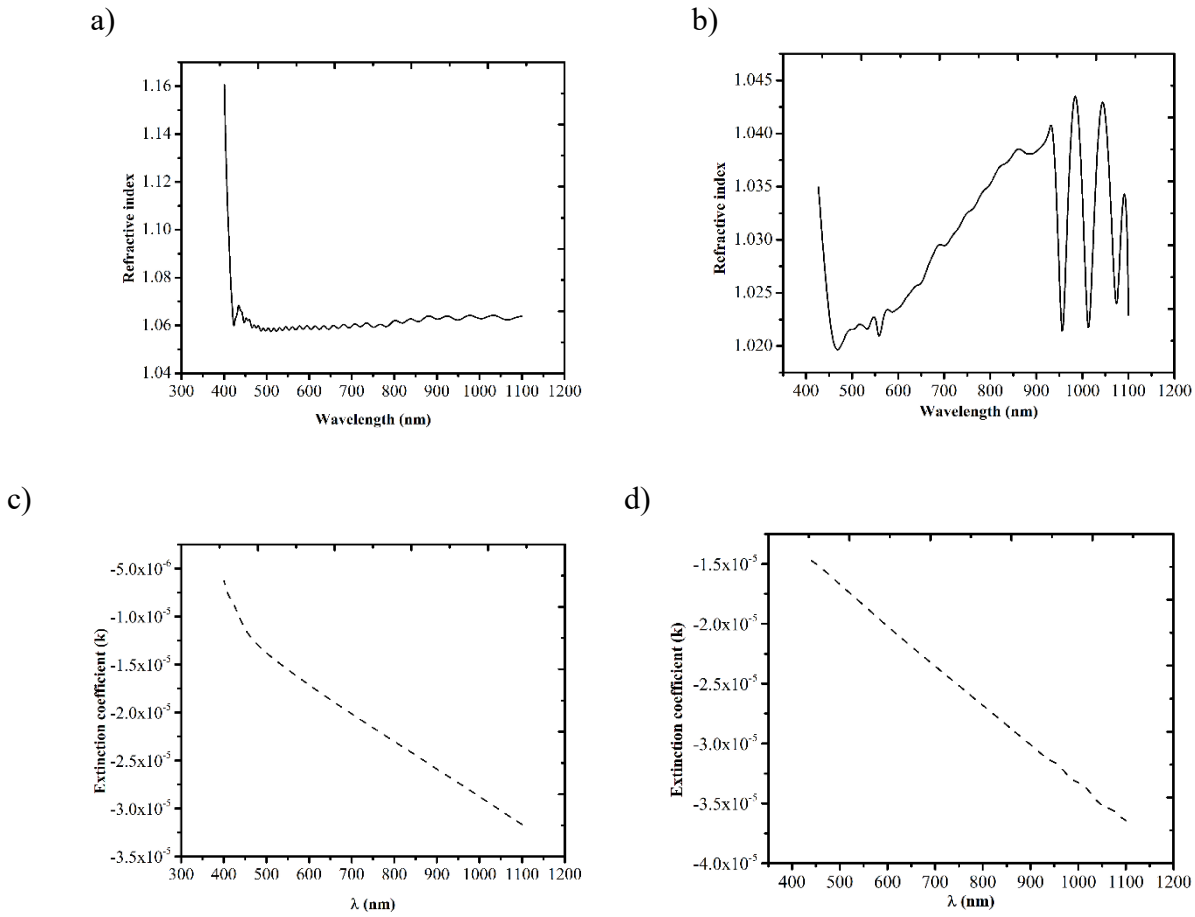
15 sccm flux ratio TMGa, 1800 sccm flux ratio  $\text{NH}_3$  and 200 mbars pressure conditions. Thickness of GaN buffer layer is 1.6  $\mu\text{m}$ . Growth operation continued by turning on  $\text{SiH}_4$  source.  $\text{SiH}_4$  source helps growth of n-type GaN layer. In MOCVD  $\text{SiH}_4$  is diluted. Flux ratio of  $\text{SiH}_4$  source is 10 sccm. Graded and non-graded active layers are grown at 745-760°C with 75 sccm In flux ratio. While the first sample has InGaN graded layer thickness of 20 nm and 200 nm, second sample has an non-graded InGaN layer thickness of 220 nm. Active layers are grown between n-type GaN and p-type InGaN layers with a thickness of 1.9  $\mu\text{m}$ . p-type InGaN layer is grown by using Mg doping source. Flux ratio of this source is 35 sccm. During growth of InGaN layer other sources are kept in off position. To maintain more doping Mg source flux ratio is adjusted as 40 sccm. By making In flux ratio continuous forbidden energy band gap is gained as graded. In Figure.1 schematic diagrams of graded and non-graded InGaN/GaN MQWs can be seen.



**Figure.1** Schematic diagrams of graded and non-graded InGaN/GaN MQWs

### 3. Results and Discussion

In Swanepoel method, optical constants of mono layer or multi layer thin films grown on a transparent wafer can be determined by analysing transmission plot. Heavens's book (Heavens et al., 1965) is a good reference on optical properties of thin films. Transmission spectras of the samples in this study are given in reference (Bilgili et al., 2019). In this reference refraction and extinction coefficients of samples are determined from Swanepoel envelope method. Here in Figure 2 only refraction index and extinction coefficient versus wavelength plots are repeated.



**Figure.2** Refractive index and extinction coefficient variations versus wavelength for (a),(c) graded and (b), (d) non-graded InGaN/GaN MQWs[12].

As can be seen in Figure.2 (a) and (b) there is great difference in variations of refractive indexes for graded and non-graded samples. Variation of refractive index for graded layer is more smooth. This is also related with interatomic spaces. There is almost no difference in variation of extinction coefficients for both samples. Negative extinction coefficient implies that there is reflection.

If  $n_1$  and  $n_2$  are two refraction index values corresponding to  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$  which are consecutive wavelengths for maximum and minimum, thickness can be calculated by equation (1). Thickness values in this study are calculated with a different plotting method and results are found in accordance with reference (Bilgili et al., 2019).

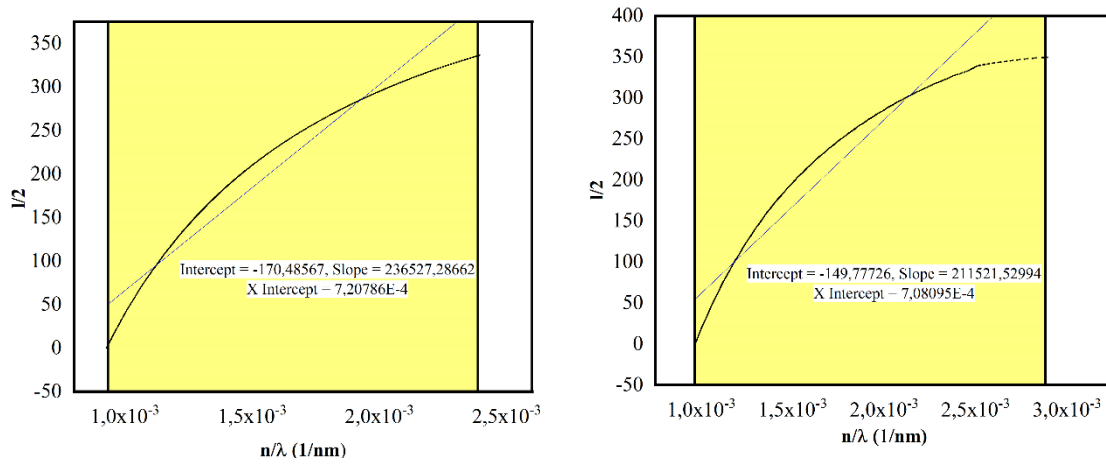
$$d = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_1 n_2 - \lambda_2 n_1)} \tag{1}$$

$$2nd = (m_1 + l/2)\lambda, \quad l=0, 1, 2, 3, \dots$$

$$l/2 = 2d(n/\lambda) - m_1 \tag{2}$$

For all extramum points this calculation should be made and mean values for  $d$  should be calculated but equation (1) is too sensitive for mistakes during calculation of refraction index. In the calculations made by using this equation, a dispersion especially broadening of fringes at high wavelengths can cause deflections in thickness calculation. As a general rule, thickness values found for the last two maximas should be included in mean value calculation. By using  $d$  and  $n$  value gained from this thickness calculation  $m$  value representing degree of extramum points in equation (1) can be found. For every wavelength,  $d_2$  thickness value can be determined by using  $n_1$  value by taking full or half value of  $m$  in equation (1).

But  $m$  and  $d$  values can be calculated more sensitively by using graphic method as shown in Figure.3. If degree number is called as  $m_1$  for the first extramum point equation (1) can be written as in equation (2) for extramum points of the spectra (Haochen et al., 2021).



**Figure.3**  $n/\lambda$  versus  $1/2$  plots for film thicknesses.

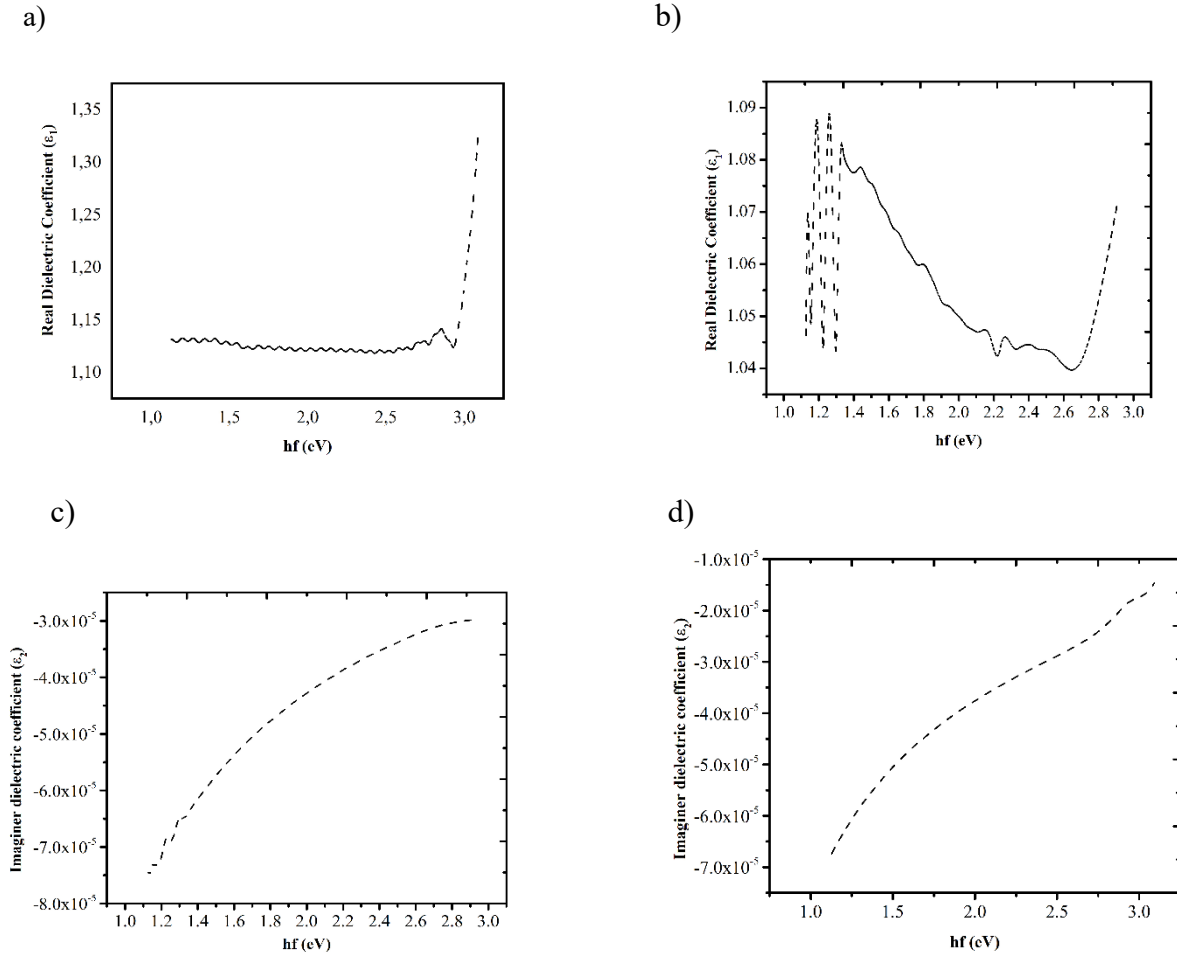
By using the plot in Figure.4 if  $1/2$  versus  $n/\lambda$  is plotted, slope of this plot gives  $2d$  value and  $y$  axis intercept gives  $m_1$  value (Rogalski., 2002).

Dielectric coefficient can also be calculated by using optical parameters. Dielectric coefficient is defined as  $\varepsilon = \varepsilon_1 + i\varepsilon_2$  that is, real and imaginer parts of complex dielectric function. This situation is explained as follows (Fairballs et al., 1997).

$$\varepsilon_1 = n^2 - k^2 \quad (3)$$

$$\varepsilon_2 = 2nk \quad (4)$$





**Figure.4** Real and imaginer dielectric functions dependent on energy.

Dielectric dependency is shown in Figure.4. Optical dielectric coefficient is calculated for InGaN/GaN MQWs. Variation of complex and imaginer dielectric coefficients with photon energy is shown. According to Figure.4 (a) and (b) it is noticed that being non-graded or graded effects real dielectric coefficient. But in Figure.4 (c) and (d) it can be seen that absorbtion starts about 1 eV for both samples. This means that being graded or non-graded does not effect imaginer dielectric function (Kars et al., 2017).

#### 4. Conclusion

In this study dielectric properties of graded and non-graded InGaN/GaN MQWs are investigated. Swanepoel envelope method is employed on transmission spectra. By using graphic method, thickness of films are determined as 1.0050 and 1.0150 nm approximately. Real and imaginer dielectric coefficients are also determined and shown on Figure.5. As a result of this study, being graded improves optical properties also it helps conductivity. On the other hand, being graded or

non-graded does not effect some properties such as extinction coefficient and imaginer dielectric function. Refractive index variations shows fluctiative behaviour for graded sample but, in non-graded sample variation of refractive index versus wavelength is almost smooth. This behaviour may be attributed to inhomogeneous structure of graded layers along the sample. Also variation of real and imaginer dielectric coefficients versus photon energy are symmetric to refractive index variations. This may be because of similarities in mathematical functions used to determine these two parameters. Real dielectric coefficient values variate between nearly 1.04 and 1.09 for both samples. Imaginer dielectric coefficients change in the range of -8 and -1 ( $\times 10^{-5}$ ).

### **Acknowledgements**

This work was supported by Presidency Strategy and Budget Directorate (Grant Number: 2016K121220).

### **Authors' Contributions**

All authors contributed equally to the study.

### **Statement of Conflicts of Interest**

There is no conflict of interest between the authors.

### **Statement of Research and Publication Ethics**

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

### **References**

- Williams M.G., Tomlinson R. D., Hampshire M. J. (1969). X-ray Determination of the Lattice Parameters and Thermal Expansion of Cadmium Telluride in the Temperature Range 20–420oC. *Solid State Commun.* 7, (24) : 1831-1832.
- Willardson R. K., Beer A. C. (1978). Cadmium Telluride. *Semiconductor and Semimetals.* 13, 115
- Straussn A.J. (1977). Physical Properties of CdTe. *Rev. Phys. Appl.* 12, (2) : 167-184
- Kroger F. A. (1977). The Defect Structure of CdTe. *Rev. Phys. Appl.* 12 ,(2) : 205- 210.
- Gu J., Kitahara T., Kawakami K., Sakaguchi T. (1975). Ohmic Contact and Impurity Conduction in p-doped CdTe. *J. Appl. Phys.* 46, (3) : 1184-1185.
- Selim F. A., Kroger F. A. (1977). The Defect Structure of Phosphorus-Doped CdTe. *J. Electrochem. Soc.* 124,(3) : 401- 408.

- Anthony T. C., Fahrenbruch A. L., Peters M. G., Bube R. H. (1985). Electrical Properties of CdTe Films and Junctions. *J. Appl. Phys.* 57,(2) : 400-41.
- Chu T. L., Chu S. S., Firszt F., Naseem H. A., Stawski R. (1985). Deposition and Characterization of p-type Cadmium Telluride Films. *J. Appl. Phys.* 58,(3) : 1349-1355.
- Heavens O. S. (1965). Optical Properties of Thin Solid Films. *Dover Publications, New York.* pg. 51.
- Rogalski A. (2002). Infrared Detectors: An Overview. *Infrared Phys. and Technol.* 43: 187-210.
- Babonas G. A., Bendoryus R.A., Shileika A. Y. (1971). Photoluminescence of CdTe under hydrostatic pressure. *Sov. Phys. Semicond.* 5:392.
- Bilgili A.K., Akpınar Ö., Öztürk M.K. (2019). A detailed study on optical properties of InGaN/GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> multi quantum wells. *J Mater Sci: Mater Electron.* 30, 10391–10398
- Haochen Z., Chen H., Kang S., Huabin Y., Chong X., Danhao W., Zhongling L., Haiding S. (2021). Compositionally graded III-nitride alloys: building blocks for efficient ultraviolet optoelectronics and power electronics. [Reports on Progress in Physics](#). 84 044401
- Fairbanks E., Gates M. (1997). Adaptation of Thin Film PV Technology For Use Space. *Twenty sixth IEEE PV Specialist Conference Anaheim, CA.*
- Kars D. İ., Ozturk M. K., Çörekçi S., Tamer M., Bas Y., Özçelik S., Özbay E. (2017). Microstructural Analysis with Graded and Non-Graded Indium in InGaN Solar Cell. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics.* vol.12, no.2, pp.109-117, 2017

## Güneş Pilleri Uygulamalarında Kullanılan Organik Tabanlı Schottky Diyotlarında İyonize Radyasyonun Aygıt Parametrelerine Etkisi

Serdar KARADENİZ<sup>1\*</sup>, Behzad BARIŞ<sup>2</sup>, Hande KARADENİZ<sup>3</sup>, Sema Bilge OCAK<sup>4</sup>,  
A.Birkan SELÇUK<sup>5</sup>

### Öz

Bu çalışmada, organik arayüzlü Schottky yapısına iyonize radyasyonun etkileri araştırılmıştır. Hazırlanan metal/koronen/n-Si Schottky yapılar, değişik dozlarda gama radyasyonuna maruz bırakılmış ve bu yapıların ışınlama öncesi ve sonrası performans parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Organik arayüzey tabaka olarak koronen malzemesi kullanılmıştır. Arayüzey malzemesi döndürme ile kaplama tekniği kullanılarak, değişik kimyasal yöntemlerle temizlenmiş olan n-tipi silisyum tabanlar üzerine ince film olarak kaplanmıştır. Yapıların radyasyon öncesi ve sonrası elektriksel karakteristiklerindeki değişimler karanlık ortamda ve oda sıcaklığında I-V, C-V ve G-V ölçüm teknikleri kullanılarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Schottky diyot, koronen, iyonize radyasyon.

## The Effect of Ionizing Radiation on Device Parameters In Organic Based Schottky Diodes Used in Solar Cell Applications

### Abstract

In this study, the effects of ionizing radiation on organic interfaced Schottky diodes were investigated. The prepared metal/coronene/n-Si Schottky structures were exposed to different dose of gamma radiation and examined the variations of performance parameters of these structures before and after radiation. The coronene material was used as an organic interface layer and coated onto the n-type silicon substrates as a thin film by using the spin coating technique after various chemical cleaning methods. The changes in the electrical characteristic of the structures were investigated using the I-V, C-V and G-V measurement techniques before and after irradiation in dark environment and at room temperature.

**Keywords:** Schottky diode, coronene, ionized radiation.

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Giresun, Türkiye, serdar.karadeniz@giresun.edu.tr

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Giresun, Türkiye, behzadbaris@yahoo.com

<sup>3</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Giresun, Türkiye, hande.karadeniz@giresun.edu.tr

<sup>4</sup>Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, sbocak@gazi.edu.tr

<sup>5</sup>İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İzmir, Türkiye, birkanselcuk@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1792-8134>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3041-6413>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-1028-767X>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-0590-7555>

<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-8632-3972>

## 1. Giriş

Metal/yarıiletken (Schottky) yapılar yarıiletken malzemelerin karakterizasyonunda önemli araştırma aygıtlarıdır ve teknolojik olarak bazı yararlı cihazların üretilmesinde rol oynarlar. Bir metal bir yarıiletkenle temas ettirildiğinde termal denge kuruluncaya kadar bu iki malzeme arasında taşıyıcı geçişleri meydana gelir. Her iki malzemenin yük alışverişi sonucunda Fermi enerji düzeyleri eşit olduğunda yeni bir yük dağılımı meydana gelir ve bir potansiyel engeli oluşur. Bu tip aygıtlarda metal ile yarıiletken arayüzeyinde bir potansiyel engel oluştuğunu ilk olarak Schottky (Schottky, 1938), meydana gelen bu potansiyelin, metal ile yarıiletkenin iş fonksiyonları arasındaki farktan kaynaklandığını ise Mott (Mott, 1939; Mott, 1938) ortaya atmıştır. Engelin omik ya da doğrultucu olması tamamen yarıiletkenin tipine, metalin ve yarıiletkenin iş fonksiyonlarına bağlıdır. Bir arayüzey tabaka metali yarıiletkenden yalıtma amacı ile kullanıldığında ise oluşan metal/yalıtkan/yarıiletken yapılar, yarıiletken yüzeylerini incelemek için yararlı birer aygıt haline gelirler (Nicollian ve ark., 1982).

Son yıllarda güneş pili teknolojilerinde daha ucuz malzeme ile enerji elde etmek üzerine araştırmalar önem kazanmıştır. Bu konuda en uygun seçeneklerden birisi metal/yarıiletken yapılarında güneş pillerini kullanmaktır. Bu yapıların özelliği, bir yarıiletken üzerine sadece ince bir film kaplanması ve böylece daha ucuz ve az enerji üretimiyle yapılabilmesidir. Bu aygıtların üretimi sırasında yüksek sıcaklık işlemleri uygulanmadığından, yapılar içerisindeki azınlık taşıyıcılarının özelliklerinde herhangi bir bozulma gözlenmez. Ancak bu tip yapıların güneş pili olarak karakteristikleri p-n eklem türündeki güneş pillerine göre daha kötüdür. Bunun sebebi, termoiyonik emisyon karanlık akımının oldukça yüksek olmasıdır. Termoiyonik emisyon karanlık akımı metal ile yarıiletken arasına ince bir arayüzey tabaka konularak azaltılabilir. Bu şekildeki yapılar metal/yalıtkan/yarıiletken (MYY) veya metal/oksit/yarıiletken (MOY) Schottky barrier olarak adlandırılır. Bu yapıların p-n eklemlere göre bazı avantajları vardır. Bunlardan en önemlisi, düşük sıcaklıklarda üretilebilmelerinden dolayı yüksek sıcaklıkta meydana gelebilecek katkılama etkilerinin ortadan kalkması ve böylece azınlık taşıyıcı ömürlerinin korunmasıdır.

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) organik yarıiletken malzemeler olarak teknolojik öneme sahip olmalarından dolayı birçok çalışma gruplarının ilgisini çekmiştir. Bunlar, büyük kütleli molekülleri olan kararlı organik bileşiklerdir (Rawa-Adkonis ve ark., 2006; Payanan ve ark., 2013). Bu tip organik moleküller farklı optoelektronik özelliklere sahip olup, organik ışık yayıcı diyotlar (OIYD), organik ince film transistörler (OIFT), organik ışık yayıcı transistörler (OIYT), Schottky engel diyodu (Yüksel ve ark., 2017; Yüksel ve ark., 2016) ve organik fotovoltaiik hücreler (OPH) (Jiang ve ark., 2013; Zhan ve ark., 2014; Kido ve ark., 1994) gibi yüksek performanslı optoelektronik

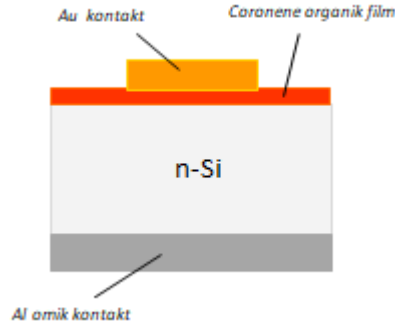
aygıtlarda kullanılmaktadır. Diğer taraftan ucuz bir teknoloji ve çevreci bir üretim süreciyle elde edilebilmeleri gibi avantajları vardır.

Koronen,  $C_{24}H_{12}$  kimyasal formüllü altı tane peri-füzyonlu (kaynaşmış) benzen halkası içeren yoğunlaştırılmış aromatik hidrokarbondur (Barış ve ark., 2017; Fetzer, 2000). Koronen karpatit adı verilen bir mineral olarak da bilinir (Itoh, 2008). Yük taşıma mekanizması ve ışık yayıcı kabiliyetinden dolayı optik ve organik elektroniğin ilgisi haline gelmiştir (Gregor ve ark., 2004; Ruifeng ve ark., 1999; Yıldırım, 2017). Bu yüzden birçok araştırmacı koronenin optik ve elektriksel özelliklerini araştırmıştır. Xiao ve arkadaşları (Xiao ve ark., 2011) ve Erdal (Erdal, 2020) nano-tel koronen yapılarının foto-anahtarlama ve ışık yayıcı özelliklerini rapor etmişlerdir. Zhang ve arkadaşları (Zhang ve ark., 1999) koronen moleküler filmlerinin organik ışık yayıcı diyotlar için bir yayıcı tabaka olabileceğini belirtmiştir.

Bu çalışmada, organik bir aratabaka olarak koronen malzemesi kullanılarak oluşturulan organik arayüzeyle Schottky yapılarının ışınlama öncesi ve sonrası elektriksel parametrelerindeki değişimler araştırılmıştır. Bu amaçla metal/koronen/n-Si yapıları üretilmiş ve bu yapıların radyasyon öncesi ve sonrası performans parametreleri üzerindeki değişimler oda sıcaklığında ve karanlık ortamda I-V, C-V ve G-V teknikleri kullanılarak incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada metal-yalıtkan-yarıiletken yapıların üretiminde kullanılmak üzere Czochralski yöntemi ile büyütülmüş 500  $\mu\text{m}$  kalınlığında 50.8 mm çapında fosfor katkılı (100) düzleminde kesilmiş 1.2  $\Omega\text{-cm}$  öz dirençli tek tarafı parlatılmış n-tipi Silisyum tek kristali kullanılmıştır. Organik arayüzeyle Schottky yapıları oluşturmak için kristaller ilk olarak bir dizi kimyasal işleme tabi tutulmuştur. Kimyasal temizlik işlemi biten kristaller, alt yüzeylerine omik kontakt oluşturmak üzere vakum sistemine yerleştirilmiş ve yaklaşık  $2 \times 10^{-6}$  Torr basınçta ve 500 Å kalınlığında %99.999'lük yüksek saflıktaki alüminyum (Al) metali kaplanmıştır. Omik kontağı oluşturulmuş kristallere döndürme yöntemiyle ince film kaplama işlemi yapmak için Laurell marka spin coater cihazı kullanılmıştır. Bir yüzeylerine koronen organik film kaplanan kristallerin üzerinde, doğrultucu kontaktların oluşturulması vakum ortamında sağlanmıştır. Kristallerin organik ince film kaplı yüzeyleri üzerine bir maske yerleştirilmiş ve yaklaşık  $2 \times 10^{-6}$  Torr basınçta 1500 Å kalınlığında %99.99'lük altın (Au) kaplamak suretiyle 1.2 mm çapında doğrultucu kontaktlar oluşturulmuştur. Şekil 1'de üretilen organik arayüzeyle Au/koronen/n-Si/Al diyodunun şematik diagramı görülmektedir.



Şekil 1. Üretilen Au/koronen/n-Si/Al diyodunun şematik diyagramı.

Yapıların akım-gerilim ölçümleri Keithley 2410 SourceMeter kullanılarak yapılmıştır. Kapasite-gerilim (C-V) ve iletkenlik-gerilim (G-V) ölçümleri HP 4192A LF impedans analizörü ile gerçekleştirilmiş olup, test sinyali olarak 1MHz frekansında ve  $40 \text{ mV}_{\text{rms}}$  değerinde bir sinüzoidal gerilim kullanılmıştır. Ölçümler radyasyon öncesi ve sonrası olmak üzere oda sıcaklığında ve karanlık ortamda alınmıştır. Üretilen Au/koronen/n-Si/Al yapıları  $^{60}\text{Co}$ -gama kaynağı kullanılarak 30 ve 60 kGy dozlarda iyonize radyasyona maruz bırakılmıştır.

Yapıların oda sıcaklığındaki ölçümlerinden ideallik faktörü, doyma akımı, sıfır beslem engel yüksekliği, seri direnci, difüzyon potansiyeli, verici yoğunluğu, tüketme tabakası genişliği, elektrik alanı, Schottky engel alçalması ve  $C_2$  parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca kristal temizlenmesi ve aygıtların hazırlanması sırasında kristalin yasak enerji aralığında istenmeden oluşan arayüzey durum yoğunluklarının yasak enerji bant aralığındaki dağılım profili ve ortalama arayüzey yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Yapıların seri direnç değerleri gelişmiş Norde yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 2’de Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığında 0 ile 3V aralığında alınmış iyonize radyasyon öncesi ve sonrası akım-gerilim eğrileri görülmektedir. Şekil 2’den görüldüğü üzere 0.1 - 0.25V aralığında bir çizgisel bölgenin olduğu gözlenmiş olup, bu beslem bölgesinde yapının akım-gerilim arasındaki bağıntı (Card ve ark., 1971),

$$I = I_0 \left[ \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

ifadesiyle verilmektedir (Rhoderic ve ark., 1988). Burada  $I_0$ , çoğunluk taşıyıcıları için ters doyma akımı ve  $n$ , diyot ideallik faktörü olup, Termoiyonik Emisyon (TE) akımının etkin olduğu durumda,

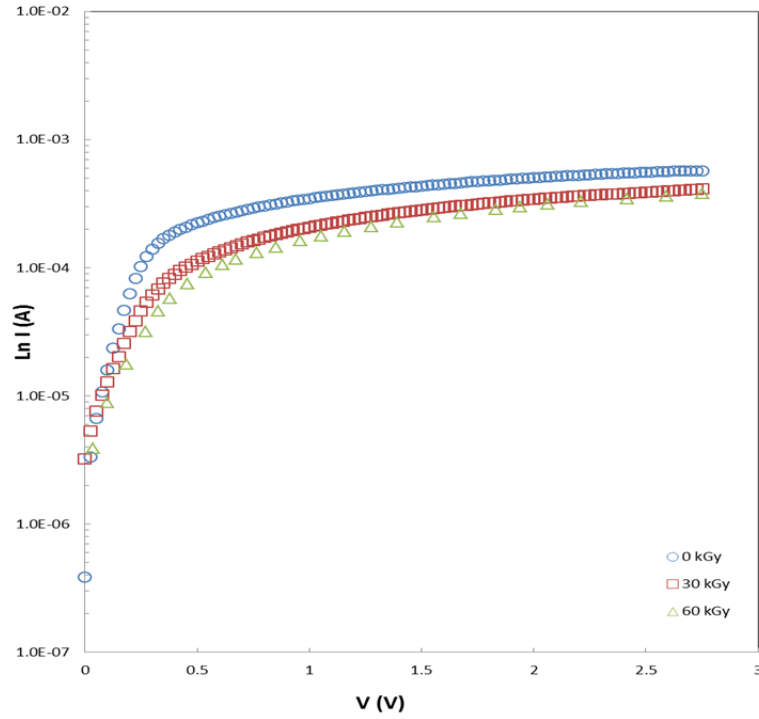
$$I_0 = AA^* T^2 \exp\left(\frac{-q\Phi_B}{kT}\right) \quad (2)$$

bağıntısıyla verilir. Burada  $A$ ,  $A^*$  ve  $\Phi_B$  terimleri sırasıyla diyot alanı, Richardson sabiti ve engel yüksekliğidir.

Çizgisel eğrinin akım eksenini kestiği noktadan  $I_0$  doyma akımı değeri ve engel yüksekliği elde edilmiştir. İdeallik faktörü,deşiklerin oksit tünelleme ihtimali 1 kabul edilerek,  $\ln I-V$  eğrisinin eğiminden (2) denklemi yardımıyla hesaplanmıştır. İyonize radyasyon dozuna bağlı olarak Au/koronen/n-Si/Al yapıların  $n$ ,  $I_0$  ve  $\Phi_B$  (I-V) değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Şekil 2’ye bakıldığında düz beslem bölgesinde iyonize radyasyonun yapının akım-gerilim eğrilerine sistematik bir etkisi olduğu görülmektedir. Radyasyon dozlarındaki artışlar Au/koronen/n-Si/Al diyot yapısında hasar meydana getirmiş, akım değerleri azalmış ve buna bağlı olarak minimum akım değeri  $3.79 \times 10^{-4}$  A bulunmuştur. Düz beslem bölgesindeki akım azalmaları, yasak bant aralığındaki gama radyasyonunun neden olduğu kusurlarla ilişkilendirilebilir. Bu kusurlar, serbest yük taşıyıcılarının yakalanmasına ve seri direncin artmasına sebep olur. Gama dozları arttıkça kusurların yoğunluğu da artmış ve düz beslem akım değerlerinin azalmasına neden olmuştur (Lin ve ark., 2010; Tataroglu ve ark., 2006).

Yapıların radyasyon öncesi oda sıcaklığındaki akım-gerilim eğrilerinden elde edilen ideallik faktörünün 1’den çok büyük ve  $\ln I-V$  eğrilerindeki lineerliliğin genelde çok küçük bir gerilim bölgesinde olması, yapıların akım mekanizmasında termiyonik emisyon veya azınlık taşıyıcı enjeksiyonunun etkin olması ihtimalini güçlendirmektedir (Kar ve ark., 1980). Kümülatif doz artışını takiben yapıların ideallik faktöründe artış, engel yüksekliklerinde ise azalma gözlenmiştir. Aygıtın elektriksel özelliklerinin kötüleşmesinin sebebi koronen organik ince filmin içerisinde bulunan karbon ve hidrojen bağlarının iyonize radyasyon tarafından kırılarak yapıda kusurlar oluşturması olarak düşünülebilir. Öte yandan ışınlama sırasında tuzak formunda ve aktif olan diğer gizli kusurlar da aygıt parametrelerinin bozulmasından sorumludur (Arshak ve ark., 2004).





**Şekil 2.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi ve sonrası düz beslem I- V eğrileri.

Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi engel yüksekliği 0.640 eV olup, artan radyasyon dozlarıyla azalmıştır. Tablo 1’den görüldüğü üzere Au/koronen/n-Si/Al yapısının radyasyon sonrası engel yüksekliği değerleri 0.542 eV’a doğru azalma göstermiştir. Bazı araştırmacıların (Mamor ve ark., 2007; Grussell ve ark., 1980) rapor ettiği üzere, bu durum radyasyona maruz bırakılan n-tipi veya p-tipi Schottky yapılarının bant aralığında serbest taşıyıcı konsantrasyonuna etki eden kusurlar yaratmakta ve engel yüksekliğini azaltmakta veya arttırmaktadır.

**Tablo 1.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının iyonize radyasyon dozuna bağlı  $n$ ,  $I_0$  ve  $\Phi_B(I-V)$  değerleri.

| Doz (kGy)                   | 0     | 30    | 60    |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| $n$                         | 2.83  | 4.31  | 5.21  |
| $I_0$ ( $\times 10^{-6}A$ ) | 3.20  | 5.06  | 5.65  |
| $\Phi_{B(I-V)}$ (eV)        | 0.640 | 0.585 | 0.542 |

Metal/yarıiletken yapıların elektriksel karakteristiklerinin tayininde seri direnç ( $R_s$ ) önemli bir parametredir. Seri direnç, silisyum kristali üzerinde oluşturulmuş omik (arka) kontak, gövde ile omik kontak arasında oluşmuş bir kirli bir film tabakası, doğrultucu kontakın hemen altında bulunan silisyum yüzey kıyısındaki tüketme tabakası ve gövde direnci, yarıiletken içerisindeki homojen dağılmayan safsızlık dağılımı gibi birçok nedenden ötürü meydana gelebilir. Seri direnç etkisi

altındaki bir Schottky diyodunun termiyonik emisyon modeli ile düz beslem I-V özellikleri (Rhoderick ve ark., 1988),

$$I = I_o \left[ \exp \left( \frac{q(V - IR_s)}{nkT} \right) \right] \quad (3)$$

ifadesi ile verilir. Buradaki  $IR_s$  terimi, diyotun seri direnci üzerindeki voltaj düşmesidir. Yapıların seri direncinin hesaplanmasında, ideallik faktörünün 1'den çok büyük olması durumu için modifiye edilmiş Norde fonksiyonları (Bohlin, 1986),

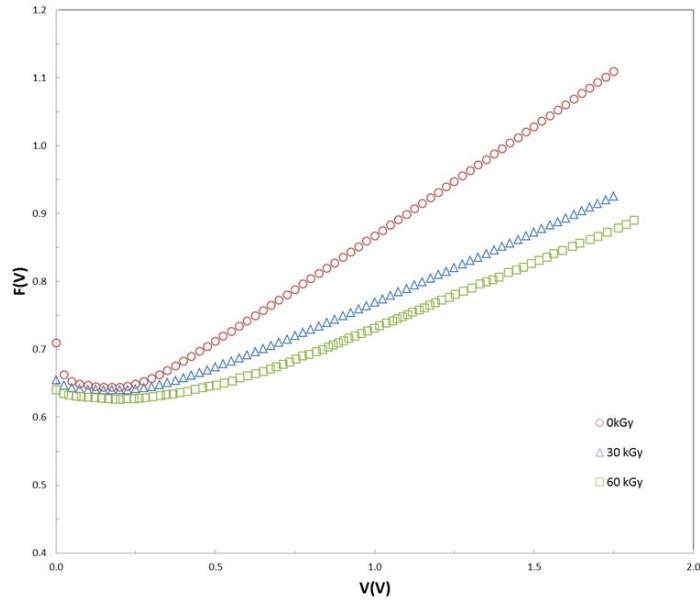
$$F(V, \gamma) = F_R(V) = \frac{V}{\gamma} - \frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{V}{RAA * T^2} \right) \quad (4)$$

$$\Phi_B = F(V_{min}, \gamma) - \left( \frac{1}{\gamma} - \frac{1}{n} \right) V_{min} - \frac{(\gamma - n)}{(\beta n)} \quad (5)$$

$$R_s = \left( \frac{\gamma - n}{\beta I_{min}} \right)$$

(6)

kullanılmıştır. Burada Norde fonksiyonunun ilk terimi olan  $V/2$  ifadesi yerine  $V/\gamma$  terimini kullanmış olup,  $\gamma$  ideallik faktöründen küçük olmamak üzere ( $1 < n < \gamma$ ) keyfi bir sabit sayıdır. Deneysel sonuçlardan seri direncin küçük olmadığı ve artan radyasyon dozu ile artış gösterdiği görülmüştür. Şekil 3'de düz beslem I-V ölçüm verilerinden faydalanılarak değişik radyasyon dozları için  $F(V)$  -V eğrileri verilmiştir. Şekil 3'den görüldüğü üzere Norde fonksiyonları yaklaşık 0.2V değerinde bir minimumdan geçmektedir. Bu minimum nokta  $V_{min}$  ve  $I_{min}$ 'a karşılık gelen  $F(V_{min})$  noktasıdır. Tablo 2'de iyonize radyasyon dozuna bağlı olarak Au/koronen/n-Si/Al yapıların modifiye edilmiş Norde yöntemi kullanılarak hesaplanmış  $R_s$  ve  $\Phi_B(I-V)$  değerleri verilmektedir. Tablo 2'den görüldüğü üzere radyasyon dozunun kümülatif artışıyla yapıların seri direnç değerlerinde güçlü bir artış gözlenmektedir. Bu durum iyonize radyasyon tarafından yaratılan kusurlar yüzünden serbest taşıyıcı üretiminin ve konsantrasyonunun azaldığını, dolayısıyla da yarıiletkenin öz direncinin arttığını göstermektedir.



**Şekil 3.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi ve sonrası  $F(V) - V$  eğrileri.

**Tablo 2.** İyonize radyasyon dozuna bağlı olarak Au/koronen/n-Si/Al yapıların Norde yöntemi kullanılarak hesaplanmış seri direnç ve engel yüksekliği değerleri.

| Doz (kGy)             | 0     | 30    | 60    |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| $R_s(\Omega)$         | 169.2 | 230.4 | 298.3 |
| $\Phi_{B(Norde)}(eV)$ | 0.652 | 0.593 | 0.554 |

Arayüzey tabakasına sahip ve idealite faktörü 1'den büyük bir Schottky diyodunun arayüzey durumları (yarıiletkenle dengede olan durumlar için) (Card ve ark., 1971),

$$n = 1 + \frac{\delta}{\epsilon_i} \left( \frac{\epsilon_s}{W_D} + qN_{ss} \right) \quad (7)$$

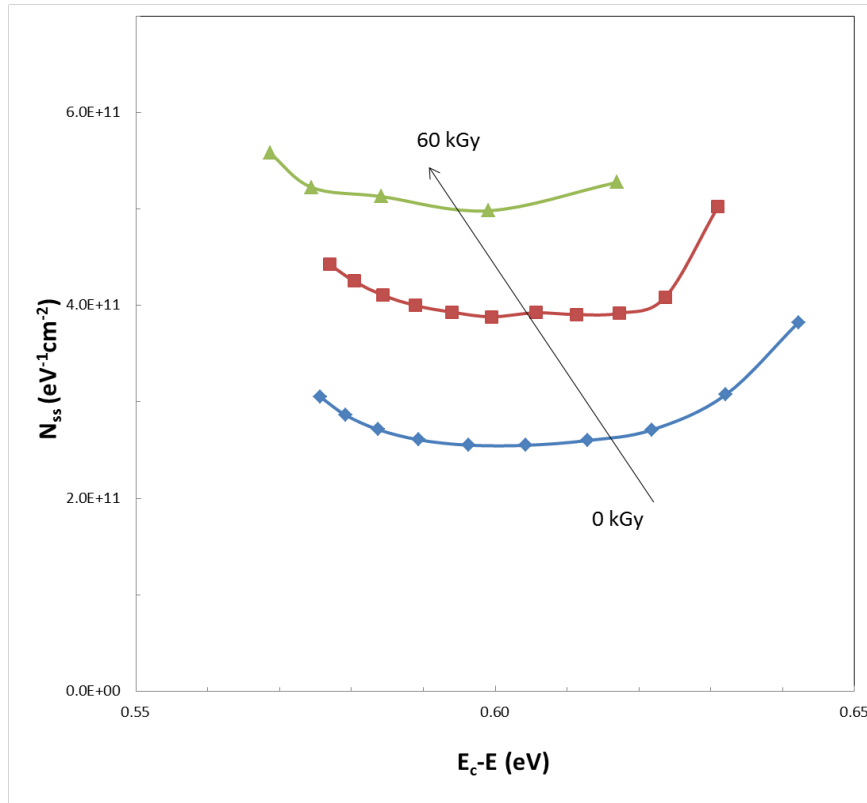
şeklinde verilir. Burada  $W_D$ , tüketme bölgesi genişliği,  $\delta$ , arayüzey tabakası kalınlığı,  $\epsilon_s$  ve  $\epsilon_i$  sırasıyla yarıiletkenin ve arayüzey tabakasının dielektrik sabitleri ve  $N_{ss}$ , arayüzey durumlarıdır. N-tipi bir yarıiletken için, iletkenlik bandının altından itibaren arayüzey durumlarının enerjisi ( $E_{ss}$ ) (Singh, 1985),

$$E_c - E_{ss} = q(\Phi_e - V) \quad (8)$$

ile ifade edilir. Burada  $E_c$ , iletkenlik bant enerjisi ve  $\Phi_e$ , efektif engel yüksekliğidir. Şekil 4'de Au/koronen/n-Si/Al yapılarının ideallik faktörüne bağlı arayüzey durumlarından yararlanılarak elde

edilmiş değişik radyasyon dozları için arayüzey enerji dağılım profili görülmektedir. Şekil 4'e bakıldığında iyonize radyasyonun yapının enerji dağılım profili üzerinde sistematik bir etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Radyasyon dozunun kümülatif artışıyla arayüzey durum yoğunluklarında artış gözlenmektedir. İyonize radyasyon, ev sahibi atomların yer değiştirmesine ve bunun sonucunda boşlukların, ara yüzey durumlarının ve diğer kusurların oluşmasına sebep olmuştur (Saqri ve ark., 2015; Auret ve ark., 1993; Auret ve ark., 1994). Diğer taraftan, arayüzey tuzak yoğunluğu Fermi seviyesi kıyısından iletim bandına doğru gidildikçe artmaktadır. Arayüzey durum yoğunluklarındaki bu artış yeniden birleşme merkezlerindeki artışa atfedilebilir.

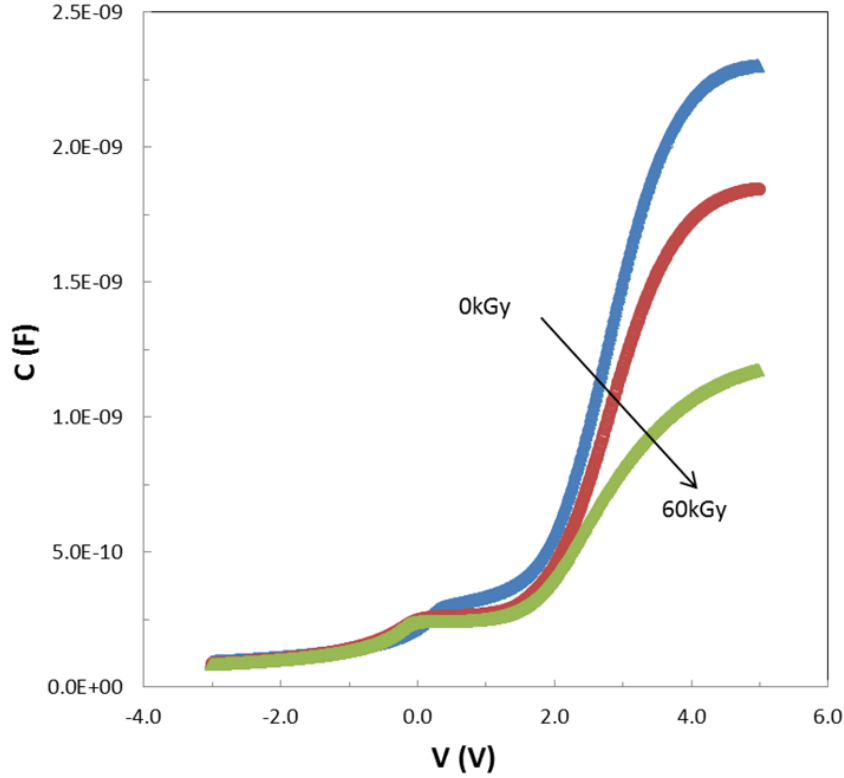
Şekil 4'de görüldüğü üzere Au/koronen/n-Si/Al yapılarının radyasyon öncesi arayüzey durum yoğunluklarının ( $E_c - 0.613$ ) eV ile ( $E_c - 0.642$ ) eV arasında sırasıyla  $2.60 \times 10^{11}$ 'den  $3.82 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  değerine doğru eksponansiyel olarak arttığı gözlemlenmiş olup, radyasyon sonrası eğrilerde de benzer bir davranış göstermektedir. Ortalama arayüzey durum yoğunlukları 0, 30 ve 60 kGy'lik radyasyon dozları için sırasıyla  $2.18 \times 10^{11}$ ,  $3.94 \times 10^{11}$  ve  $5.02 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  bulunmuştur.



**Şekil 4.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi ve sonrası arayüzey enerji dağılım profilleri.

Şekil 5'de Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığında -3 ile 5V aralığında alınmış iyonize radyasyon öncesi ve sonrası kapasite-gerilim (C-V) eğrileri görülmektedir. Daha küçük frekanslarda daha uzun zaman sabitine sahip arayüzey durumları ölçülebilir. Ancak bu durumda C<sup>-2</sup>-V eğrisinin eğiminden elde edilecek alıcı yoğunluğu değeri gerçek değeri yansıtmaz. Yüksek frekanslarda

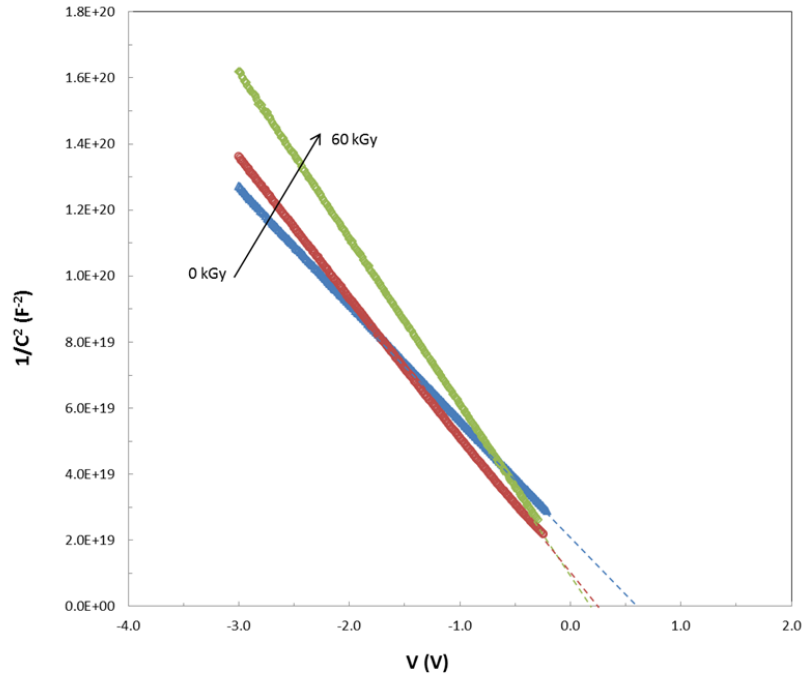
arayüzey durumları uygulanan sinyali takip edemez ve böylece kapasiteye katkıda bulunamaz. Taşıyıcı yoğunluğu hesaplanacak olan kapasite-gerilim eğrisinin en az 100 kHz'de çizilmiş olması gereklidir (Kar, 1985).



**Şekil 5.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi ve sonrası kapasite-gerilim eğrileri.

Şekil 5’de görüldüğü üzere radyasyon öncesi ve sonrası kapasite eğrilerinde küçük pikler gözlemlenmektedir. Bu durum, organik/n-Si arayüzeyinde doğal oksit tabakasından ve ince organik tabakadan meydana gelmiş lokalize durumlara atfedilebilir (Jun, 2007). Diğer taraftan, Au/koronen/n-Si/Al yapılarının kapasite değerlerinde iyonize radyasyon sonrası azalma gözlenmektedir. Bunu sebebi olarak metal/yarıiletken arayüzeyindeki dielektrik sabitinde oluşan değişim (Singh ve ark., 2001; Karatas ve ark., 2005) veya iyonize katkı konsantrasyonunun radyasyon etkisine bağlı olarak azalması (Grussell ve ark., 1980) gösterilebilir. Yapıya uygulanan gerilimle tüketme bölgesinde oluşturulmuş ve elektronlarla yeniden birleşmiş deşikler sonucu hareketli taşıyıcıların yoğunluğundaki azalma da sebepler arasında sayılabilir.

Au/koronen/n-Si/Al yapılarının  $\Phi_{B(C-V)}$  sıfır beslem engel yüksekliği,  $V_d$  difüzyon potansiyeli,  $N_d$  verici yoğunluğu,  $W_D$  tüketme tabakası genişliği,  $E_m$  elektrik alanı,  $\Delta\Phi_B$  Schottky engel alçalması ve  $C_2$  parametrelerini belirlemek üzere oda sıcaklığında radyasyon öncesi ve sonrası 1MHz frekansında  $C^{-2} - V$  eğrileri çizilmiştir (Şekil 6).



**Şekil 6.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığında radyasyon öncesi ve sonrası  $1/C^2 - V$  eğrileri.

$C^{-2}-V$  eğrilerinin gerilim eksenine ekstrapole edilmesiyle,  $V_o$  kesme gerilimleri, bu doğruların eğimlerinden ise  $N_d$  verici yoğunlukları hesaplanmıştır.  $V_o$  ile  $V_d$  arasındaki bağıntı arayüzey durumları yokken,

$$V_o = V_d - \frac{kT}{q} = \frac{E_g - \Phi_m + \chi}{q - \Phi_F - V_y} \quad (9)$$

şekindedir. Burada,  $\Phi_m$  metal iş fonksiyonu,  $\chi$  elektron yakınlığı,  $E_g$  yasak enerji aralığı,  $\Phi_F$  Fermi enerjisi ve  $V_y$  yalıtkan üzerinde düşen potansiyeldir. Arayüzey durumları mevcutken  $V_o$  ile  $V_d$  arasındaki ilişki,

$$V_o = \left( V_d - \frac{kT}{q} \right) (1 + \alpha) \quad (10)$$

şeklinde verilir (Akkal ve ark., 2000). Arayüzey durumlarının etkileri dikkate alındığında  $C^{-2}-V$  doğrusunun eğimi,

$$\frac{dC^{-2}}{dV} = \frac{2}{q\epsilon_s A^2 N_d} \frac{1}{(1 + \alpha)} \quad (11)$$

ile verilir. Burada  $\alpha = qN_{ss}\delta/\epsilon_i$  olup,  $N_{ss}$ , arayüzey durum yoğunluğu ve  $\delta$ , arayüzey tabakanın kalınlığıdır.  $1/(1 + \alpha) = C_2$  ifadesi tanımlanırsa  $C_2$ , denklem (11) yardımıyla,

$$C_2 = \frac{2}{q\epsilon_s N_d' \left( \frac{dC^{-2}}{dV} \right)} \cong \frac{N_d}{N_d'} = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_i + qN_{ss}\delta} \quad (12)$$

şeklinde yazılır. Burada  $N_d'$ , teorik verici yoğunluğudur. Bu çalışmada kullanılan n-tipi silisyum için verilen  $1.2 \Omega\text{-cm}$ 'lik öz direnç ve  $1450 \text{ cm}^2/\text{V}\text{-sn}$ 'lik mobilite değerleri kullanılarak  $N_d'$   $3.72 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  olarak bulunmuştur.

Şekil 6'daki  $C^{-2}$ -V doğruların eğiminden 0, 30 ve 60kGy radyasyon dozları için deneysel  $N_d$  değerleri sırasıyla,  $1.93 \times 10^{15}$ ,  $1.60 \times 10^{15}$  ve  $1.35 \times 10^{15}$  bulunmuş olup, denklem (12) kullanılarak  $C_2$  değerleri elde edilmiştir. Radyasyon öncesi oda sıcaklığında hesaplanan  $C_2$  değeri 0.518 olup, bu değer arayüzey durumlarının mevcut olduğunu göstermektedir. Radyasyon öncesi oda sıcaklığında Au/koronen/n-Si/Al yapıları için  $\delta=150\text{\AA}$  ve  $\alpha = 0.927$  değerleri alındığında ortalama arayüzey durumları yoğunluğu  $10.9 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$  bulunmuştur. Tüketme tabakasının genişliği ( $W_D$ ),

$$W_D = \sqrt{\frac{2\epsilon_s \epsilon_o V_d}{qN_d}} \quad (13)$$

ifadesi yardımıyla radyasyon öncesi oda sıcaklığında Au/koronen/n-Si/Al yapıları için  $6385.2 \text{ \AA}$  bulunmuştur. Fermi seviyesi sıcaklığa bağlı olarak,

$$\Phi_F = \frac{kT}{q} \text{Ln} \left( \frac{N_c}{N_d} \right) \quad (14)$$

bağıntısından hesaplanmıştır.  $E_m$  ve  $\Delta\Phi_B$  sırasıyla,

$$E_m = E(x=0) = \sqrt{\frac{2qN_d V_d}{\epsilon_s \epsilon_o}} \quad (15)$$

ve

$$\Delta\Phi_B = \sqrt{\frac{qE_m}{4\pi\epsilon_s\epsilon_o}} \quad (16)$$

bağıntıları yardımıyla radyasyon öncesi  $1.88 \times 10^4 \text{ Vcm}^{-1}$  ve  $0.015 \text{ eV}$  olarak elde edilmiştir.  $C^{-2}$ -V eğrisinden bulunan,  $\Phi_{B(C-V)}$  parametresi,  $V_d$ , Fermi enerjisi ( $\Phi_F$ ) ve  $\Delta\Phi$  terimleri cinsinden,

$$\Phi_{B(C-V)} = V_d + \Phi_F - \Delta\Phi_B \quad (17)$$

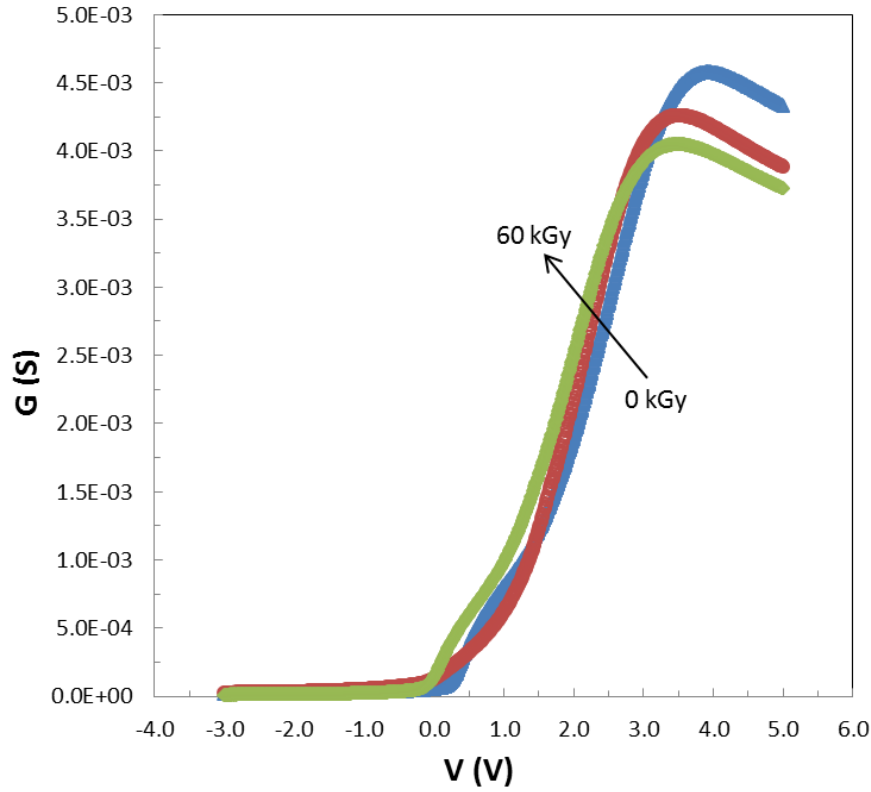
şeklinde verilir. Burada  $\Phi_F$ , gerçek Fermi enerji seviyesi ( $E_i$ ) ile fermi seviyesi ( $E_F$ ) arasındaki enerji farkıdır. Radyasyon öncesi oda sıcaklığında Au/koronen/n-Si/Al yapıları için engel yüksekliği  $0.810 \text{ eV}$  olup, radyasyon sonrası için diğer hesaplanan parametreler Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Au/koronen/n-Si/Al yapılarının  $C^{-2}$ -V eğrilerinden elde edilen radyasyon öncesi ve sonrası temel parametreler.

| Doz (kGy) | $N_d$ ( $\times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ) | $V_d$ (eV) | $W_D$ (Å) | $\Phi_B$ (eV) | $E_m$ ( $\times 10^4 \text{ Vcm}^{-1}$ ) | $\Delta\Phi$ (eV) | $C_2$ |
|-----------|--|------------|-----------|---------------|--|-------------------|-------|
| 0         | 1.93                                       | 0.590      | 6385.2    | 0.810         | 1.88                                     | 0.015             | 0.518 |
| 30        | 1.60                                       | 0.245      | 4481.2    | 0.475         | 1.10                                     | 0.011             | 0.431 |
| 60        | 1.35                                       | 0.230      | 4643.7    | 0.448         | 0.96                                     | 0.010             | 0.364 |

Şekil 7’de Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığında -3 ile 5V aralığında alınmış iyonize radyasyon öncesine ve sonrasına ait iletkenlik-gerilim (G-V) eğrileri görülmektedir. Au/koronen/n-Si/Al yapılarının iletkenlik eğrilerine bakıldığında iyonize radyasyon sonrası iki durum görülmek olup, bunlardan birisi düşük voltaj değerlerine doğru kayma, diğeri ise azalma şeklindedir. Birinci durum, radyasyon ile elektron deşik çiftlerinin oluşumundan dolayı oksit yük yansımaya, ikinci durum ise arayüzey durumlarının ve tuzak merkezlerinin artmasına ve dolayısıyla da yarıiletkenin öz direncinin artmasına atfedilebilir (Karataş ve ark., 2006).





Şekil 7. Au/koronen/n-Si/Al yapılarının oda sıcaklığındaki radyasyon öncesi ve sonrası iletkenlik-gerilim eğrileri.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada güneş pilleri uygulamalarında kullanılan organik tabanlı Schottky yapıları üzerindeki iyonize radyasyonun etkileri incelenmiştir. Bunun için organik arayüze Schottky yapıları üretilerek değişik dozlarda gama radyasyonuna maruz bırakılmış, karakterizasyon işlemleri yardımıyla yapıların radyasyon öncesi ve sonrası bazı temel parametrelerindeki değişimler belirlenmiştir. Organik arayüz olarak koronen malzemesi seçilmiş ve bu malzeme çeşitli kimyasal yöntemlerle temizlenmiş olan n-tipi silisyum alttabakalar üzerine kaplamak suretiyle Au/koronen/n-Si/Al organik arayüze Schottky yapıları elde edilmiştir.

İyonize radyasyonun Au/koronen/n-Si/Al yapılarının düz beslem akım-gerilim eğrilerine sistematik bir etkisinin olduğu ve bu etkinin radyasyon dozuna bağlı olarak aygıt akımında bir azalma meydana getirdiği görülmüştür. Bu durum radyasyon sonrası organik/yarıiletken arayüzündeki tuzakların artması sonucu serbest yük taşıyıcılarının tuzaklar tarafından yakalanmasına atfedilmiştir. Yapıların ideallik faktörünün 1'den çok büyük ve yarılogaritmik akım-gerilim eğrilerindeki lineer bölgenin çok küçük olması, yapıların akım mekanizmasında termiyonik emisyonunun yanında azınlık taşıyıcı enjeksiyonunun da etkin olması ihtimalini güçlendirmiştir. Gama radyasyonu dozunun kümülatif olarak artışı yapıların ideallik faktöründe artış, engel yüksekliğinde ise azalma meydana

getirmiş olup, aygıt parametrelerindeki bu tür bozulmaların ışınlama sırasında tuzak formunda ve aktif olan gizli kusurlar tarafından oluştuğuna atfedilmiştir.

Deneysel sonuçlardan seri direncin artan radyasyon dozu ile artış gösterdiği görülmüştür. Bu durum iyonize radyasyon tarafından yaratılan kusurlar yüzünden serbest taşıyıcı üretiminin azaldığını ve dolayısıyla da yarıiletkenin öz direncinin arttığını göstermiştir.

Gama radyasyonu, üretilen yapılarda boşlukların ve diğer kusurların oluşmasına sebep olmuş ve bu da arayüzey durum yoğunluklarını arttırmıştır.

Metal/yarıiletken arayüzeyindeki dielektrik sabitinde oluşan değişim veya iyonize katkı konsantrasyonunun radyasyon etkisine bağlı olarak azalması, Au/koronen/n-Si/Al yapılarının radyasyon sonrası kapasite değerlerinde azalma meydana getirmiştir.

İyonize radyasyon, arayüzey durumlarını ve tuzak merkezlerini arttırmak suretiyle yarıiletkenin öz direncinin artmasına sebep olmuş ve bunun sonucunda da Au/koronen/n-Si/Al Schottky yapılarının iletkenlikleri azalmıştır.

Bu çalışmadaki deneysel sonuçlardan elde edilen veriler sayesinde radyasyon ortamında çalıştırılacak olan organik tabanlı bir güneş pili hücresinin davranışı önceden tahmin edilebilecek ve radyasyon etkisiyle değişen performans parametreleri göz önünde bulundurularak aygıt tasarımları yapılabilecektir. Diğer taraftan üretilen Au/koronen/n-Si/Al organik tabanlı Schottky aygıtlarının düşük doz radyasyon sensörü uygulamaları için uygun olduğu ve bazı elektriksel parametrelerinin uygulanan radyasyon dozuna bağlı olarak değiştirilip kontrol edilebileceği görülmüştür.

## **Teşekkür**

Bu çalışma Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Ofisi tarafından FEN-BAP-A-170417-85 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Akkal, B., Benamara, A., Gruzza, B. and Bideux, L. (2000). Characterization of interface states at Au/InSb/InP(100) Schottky barrier diodes as a function of frequency. *Vacuum*, 57, 219-228.
- Arshak, K., Korostynska, O. (2004). Thick film oxide diode structures for personal dosimetry application. *Sensors and Actuators*, A 113, 319–323.
- Auret, F. D., Goodman, S. A., Meyer, W. E., Erasmus, R. M., Myburg, G. (1993). Deep level transient spectroscopy characterization of electron irradiation induced hole traps in p-GaAs grown by molecular beam epitaxy, *Japanese Journal Of Applied Physics*, Pt. 2, Letters 32, L974eL977.
- Auret, F. D. Wilson, A., Goodman, S. A., Myburg, G., Meyer, W. E. (1994). Electrical characteristics of neutron irradiation induced defects in n-GaAs, *Nuclear Instruments & Methods In Physics Research Section B-Beam Interactions With Materials And Atoms*, 90, 387e391.
- Barış, B., Karadeniz, S., Erdal, M. O. (2017). Preparation of koronen nanowires and its properties. *Materials Letters*, 205, 70–74.
- Bohlin, K. E. (1986). Generalized Norde plot including determination of the ideality factor. *Journal of Applied Physics*, 60, 1223-1224.
- Card, H. C., Rhoderick, E. H. (1971). Studies of tunnel MOS diodes I. Interface effects in silicon Schottky diodes. *Journal of Physics*, D4, 1589.
- Erdal, M. O. (2020). Photoresponse properties of coronene nanowires thin-film-based photodiode. *Journal of Materials Science:Materials in Electronics*, 31, 18980–18987.
- Fetzer, J. C. (2000). *The Chemistry and Analysis of the Large Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Wiley, New York.
- Gregor, D. M., Christof, W. (2004). Growth of aromatic molecules on solid substrates for applications in organic electronics. *Journal Of Materials Research*, 19, 1889.
- Grussell, E., Berg, S. and Andersson, L. P. (1980). Electrical Defects in Silicon Introduced by Sputtering and Sputter-Etching. *Journal of The Electrochemical Society*, 127, 1573.
- Itoh, T. (2008). Multiple fluorescence and the electronic relaxation processes of koronen vapor: The fluorescence from the S1, S2, and S3 states. *Journal Of Molecular Spectroscopy*, 252, 115.
- Jiang, W., Li Y., Wang, Z. (2013). Heteroarenes as high performance organic semiconductors. *Chemical Society Reviews*, 42, 6113.
- Jun, M., Jang, M., Kim, Y., Choi, C., Kim, T., Park, B. and Lee, S. (2007). Analysis of interface trap states at Schottky diode by using equivalent circuit modeling. *Journal Of Vacuum Science & Technology B*, 25, 82.
- Kar, S., Ashok, S. and Fonash, S. (1980). Evidence of tunnel-assisted transport in nondegenerate MOS and semiconductor-oxide-semiconductor diodes at room temperature. *Journal of Applied Physics*, 51, 3417-3421.
- Kar, S. and Varma, S. (1985). Determination of silicon-silicon dioxide interface state properties from admittance measurements under illumination. *Journal of Applied Physics*, 58; 4256-4266.
- Karatas, S., Turut, A. and Altindal, S. (2005). Effects of <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -ray irradiation on the electrical characteristics of Au/n-GaAs (MS) structures. *Nuclear Instruments & Methods A*, 555, 260.
- Karataş, Ş., Türüt, A. (2006). Electrical properties of Sn/p-Si (MS) Schottky barrier diodes to be exposed to <sup>60</sup>Co g-ray source. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 566, 584–589.
- Kido, J., Hongawa, K., Okuyama, K., Nagai, K. (1994). White light-emitting organic electroluminescent devices using the poly(N-vinylcarbazole) emitter layer doped with three fluorescent dyes. *Applied Physics Letters*, 64, 815.
- Lin, Z. Yi-Men, Z., Yu-Ming, Z., Chao, H. (2010). Neutron radiation effect on 4H-SiC MESFETs and SBDs. *Journal of Semiconductors*, 31, 114006.

- Mamor, M., Sellai, A., Bouziane, K., Al. Harthi, S. H., Al. Busaidi, M. and Gard, F. S. (2007). Influence of He-ion irradiation on the characteristics of Pd/n-Si<sub>0.90</sub>Ge<sub>0.10</sub>/Si Schottky contacts. *Journal Of Physics D-Applied Physics*, 40, 1351.
- Mott, N. F. (1938). Note on the contact between a metal and an insulator or semi-conductor. *Proceedings of Cambridge Philosophical Society*, Vol. 34, 568-572.
- Mott, N. F. (1939). Proceedings of the Royal Society of London. Series A, *Mathematical and Physical Sciences* Vol. 171, No. 944, 27-38.
- Nicollian, E. H. and Brews, J. R. (1982). Metal Oxide Semiconductor (MOS) Physics and Technology. John Wiley, New York.
- Payanan, T., Leepipatiboon, N., Varanusupakul, P. (2013). Low-temperature cleanup with solid-phase extraction for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils by reversed phase liquid chromatography with fluorescence detection. *Food Chemistry*, 141, 2720.
- Rawa-Adkonis, M., Wolska, L., Namiesnik, J. (2006). Analytical Procedures for PAH and PCB Determination in Water Samples—Error Sources. *Critical Reviews In Analytical Chemistry*, 36, 63.
- Rhoderic, E. M. and Williams, R. H. (1988). Metal Semiconductor Contacts. 2nd Ed. Clarendon and Oxford.
- Ruifeng, Z., Haipeng, Z., Jiacong, S. (1999). Blue light-emitting diodes based on koronen-doped polymers. *Synthetic Metals*, 105, 49.
- Saqri, N., Felix, Al J.F., Aziz, M., Jameel, D., Araujo, C.I.L., Albalawi, H. et al. (2015). Investigation of the effects of gamma radiation on the electrical properties of dilute GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> layers grown by molecular beam epitaxy, *Current Applied Physics*, 15, 1230e1237.
- Schottky, W. (1938). Halbleitertheorie der Sperrschicht. *Naturwissenschaften*, Vol. 26, 843.
- Singh, A. (1985). Characterization of interface states at Ni/nCdF<sub>2</sub> Schottky barrier type diodes and the effect of CdF<sub>2</sub> surface preparation. *Solid-State Electron*, 28, 223.
- Singh, R., Arora, S. K. and Kanjilal, D. (2001). Swift heavy ion irradiation induced modification of electrical characteristics of Au/n-Si Schottky barrier diode. *Materials Science In Semiconductor Processing*, 4, 425.
- Tataroglu, A, Altindal, S and Bulbul, M. (2006). <sup>60</sup>Co  $\gamma$  irradiation effects on the current–voltage (I–V) characteristics of Al/SiO<sub>2</sub>/p-Si (MIS) Schottky diodes. *Nuclear Instruments & Methods In Physics Research A*, 568, 863-868.
- Xiao, J., Yang, H., Yin, Z., Guo, J., Boey, F., Zhang, H., Zhang, Q. (2011). Preparation, characterization, and photoswitching/light-emitting behaviors of koronen nanowires. *Journal Of Materials Chemistry*, 21, 1423.
- Yıldırım, M. (2017). Determination of Contact Parameters of Au/n-Ge Schottky Barrier Diode with Rubrene Interlayer. *Journal of Polytechnic*, 20, 165.
- Yüksel, Ö. F., Tugluoglu, N, Caliskan, F., Yıldırım, M. (2016). Temperature Dependence of Current-Voltage Characteristics of Al/Rubrene/n-GaAs (100) Schottky Barrier Diodes. *Materials Today*, 3, 1271.
- Yüksel, Ö. F., Kus, M., Yıldırım, M. (2017). Capacitance and Conductance–Frequency Characteristics of Au/n-Si Schottky Structure with Perylene-Diimide (PDI) Organic Interlayer. *Journal of Electronic Materials*, 46, 882.
- Zhang, R., Zheng, H., Shen, J. (1999). Blue light-emitting diodes based on koronen-doped polymers. *Synthetic Metals*, 105, 49.
- Zhan, C., Jiang Y. Y., Yang, M. Y., Lu, L. H., Xiao, S. Q. (2014). Synthesis and optoelectronic properties of a novel molecular semiconductor of dithieno[5,6-b:11,12-b']koronen-2,3,8,9-tetracarboxylic tetraester. *Chinese Chemical Letters*, 25, 65.

## Sakarya Nehir Sedimentinden İzole Edilen Aktinobakterilerin Antimikrobiyal ve Bitki Gelişim Teşvik Edici Özelliklerinin Belirlenmesi

Uğur ÇİĞDEM<sup>1</sup>, Ayten KUMAŞ<sup>2</sup>, Fadime ÖZDEMİR KOÇAK<sup>3\*</sup>

### Öz

Biyoaktif bileşik üretim potansiyeli yüksek olan aktinobakteriler antibiyotik, antitümör ajanı, bitki gelişimini teşvik eden faktörler ve enzimler üretebilmektedirler. Yeni biyoaktif bileşiklerin keşfi için farklı ekstrem ortamlardan izolasyon çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada, Sakarya Nehir kaynağının sedimentinden ilk kez aktinobakteri izolasyonu ve bu bakterilerin ürettiği farklı biyoaktif metabolitlerin varlığı araştırılmıştır. Antimikrobiyal aktivite deneylerinde Gram pozitif, Gram negatif bakteriler, maya ve funguslar kullanılmıştır. İzolatların azotu (N) fikse edebilme inorganik fosfatı çözebilme yeteneklerine, indol asetik asit (IAA) üretebilme ve kazeinaz aktivitelerine bakılmıştır. 17 aktinobakteri izolatının 16S rDNA analizleri sonucunda, izolatlar *Micromonospora* sp., (14), *Saccharomonospora* sp. (2) ve *Cellulomonas* sp. (1) olarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlarda, *Micromonospora* izolatlarının Gram pozitif bakterilere, maya ve funguslara karşı etkin olduğu belirlenmiştir. 12 izolatın N'ü fikse edebildiği, 7 izolatın IAA üretebildiği, 2 izolatın kazeinaz aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Antimikrobiyal özellikleri açısından yüksek aktiviteye sahip olanların iyi birer farmasötik aday olabileceği ve bitki gelişimini teşvik edici potansiyele sahip izolatların da tarım alanında biyogübre olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, 16S rDNA dizi analizleri sonucunda 2 *Micromonospora*, *Saccharomonospora* sp. ve *Cellulomonas* sp. Suşlarının yeni birer tür olması söz konusudur.

**Anahtar Kelimeler:** Aktinobakteriler, Antimikrobiyal aktivite, Bitki gelişimini teşvik özellikleri, 16S rDNA analizi

## Determination of Antimicrobial and Plant Growth Promoting Properties of Actinobacteria Isolated from Sakarya River Sediment

### Abstract

Actinobacteria with high bioactive compound production potential can produce antibiotics, antitumor agents, factors that promote plant growth and enzymes. Isolation studies from different extreme environments are carried out for the discovery of new bioactive compounds. In this study, isolation of actinobacteria from the sediment of the headwaters of the River Sakarya and screening of their different bioactive metabolites were firstly performed. Gram positive, Gram negative bacteria, yeast and fungi were used in antimicrobial activity assay. The ability to (N) fix nitrogen, to dissolve inorganic phosphate, to produce indole acetic acid (IAA), and caseinase activities of isolates were investigated. As a result of 16S rDNA analysis of 17 actinobacteria isolates, the isolates were defined as *Micromonospora* sp., (14) as *Saccharomonospora* sp. (2) and as *Cellulomonas* sp. (1). In the results obtained, it was revealed that *Micromonospora* isolates have effective activity against Gram positive, yeast and fungi. 7 of the isolates could produce IAA and 12 of them could fix N and while 2 of the isolates have caseinase activity. The results obtained demonstrated that those with high activity in terms of antimicrobial properties will can good pharmaceutical candidates. Isolates that have the potential to stimulate plant growth are also thought to have the potential to be used as biofertilizers in agriculture. In addition, as a result of 16S rDNA sequence analysis, it is possible that 2 *Micromonospora* sp., *Saccharomonospora* sp. and *Cellulomonas* sp. strains are new species.

**Keywords:** Actinobacteria, Antimicrobial activity, Plant growth promoting, 16S rDNA analysis.

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye, ugur.cigdem@hotmail.com

<sup>2</sup>Bilecik Seyh Edebali Üniversitesi, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik, Türkiye, happy\_ayten@hotmail.com

<sup>3</sup>Bilecik Seyh Edebali Üniversitesi, Hemşirelik Bölümü, Sağlık Bilimleri Fak., Bilecik, Türkiye, fadime.ozdemirkocak@bilecik.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4790-494X>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0779-4187>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-8557-5166>

## 1. Giriş

Aktinobakteriler, genomlarında yüksek guanin ve sitozin (GC) içeriğine sahip olan Gram-pozitif bakterilerdir. Actinobacteria şubesi, mevcut bakteri domaini içerisindeki en büyük taksonomik birimlerden biridir (Ludwig ve ark., 2012). Aktinobakteriler, *Streptomyces* ve *Streptomyces* dışındakiler (nadir Aktinobakteriler) olarak iki ana gruba ayrılabilir. Bu mikroorganizmaların çoğunluğu hem karada hem de su (deniz dahil) ekosistemlerinde yaygın olarak bulunan serbest yaşayan organizmalardır (Macagnan ve ark., 2006).

Doğal bileşiklerin en önemli kaynaklarından biri aktinobakterilerdir ve bu grup mikroorganizmalardan elde edilen bileşiklerin ise % 75'inin üreticisi *Streptomyces* cinsidir. Kalan % 25'lik kısmı ise nadir aktinobakterilerden elde edilmektedir (Baltz, 2006). Son yıllarda artan bakterilerdeki çoklu ilaç dirençliliği ve doğal ürünlerin biyoteknolojik kullanımlardaki artışı nedeniyle yeni metabolit arayışlarında da artış meydana gelmiştir (Ribeiro ve ark., 2020). *Streptomyces* en çok taranan ve doğal metabolit açısından çalışılan grup olması nedeniyle yeni elde edilen *Streptomyces* izolatlarından benzer metabolitlerin eldesi gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle farklı aktinobakterilerin izolasyonuna ve metabolit taramasına yönelim artmıştır. Tarama çalışmalarında en çok toprak çalışıldığı için deniz, göl ve nehir sedimenti (Guan ve ark., 2020; Veyisoglu ve ark., 2020, Özcan, 2019), endofitik bitki kök, gövde ve yaprak dokuları (Özdemir Koçak, 2019), volkan krateri (Tapia-Vázquez ve ark., 2020) gibi farklı ekosistemlerden izolasyon çalışmalarında artış meydana gelmiştir. Jose ve Jha'nın deniz sedimentinden yaptıkları izolasyon çalışmasında *Glycomycetaceae*, *Micromonosporaceae*, *Nocardiaceae*, *Nocardiopsaceae*, *Pseudonocardiaceae*, *Streptomycetaceae* ve *Thermomonosporaceae* familyalarına ait aktinobakteri izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen nadir aktinobakteriler sekonder metabolit biyosentezi açısından incelenmiş ve oldukça yüksek potansiyele sahip oldukları belirlenmiştir (Jose ve Jha, 2017). Azman ve arkadaşlarının yaptığı derleme çalışmasında da, sadece tropikal kıyı bataklık bölgesi rizosferinden, sedimentinden, toprak ya da bitkilerinden elde edilen *Micromonospora*, *Saccharomonospora*, *Actinomadura*, *Salinospora* ve *Jishengella* gibi nadir aktinobakterilerin ve onlardan elde edilen metabolitlerin üzerinde durulmuştur (Azman ve ark., 2015).

Mikroorganizmalar bitki gelişimini doğrudan ya da dolaylı yollarla teşvik edebilirler. Doğrudan farklı fitohormon üretimleri, fosfatı çözebilmeleri, N fikse edebilmeleri gibi özelliklerle sağlarken antifungal aktiviteleri ile hastalıkları inhibe ederek dolaylı olarak etki gösterirler. Aktinobakteriler ürettikleri farklı doğal bileşikler sayesinde doğada bir çok canlı grubu ile simbiyotik ilişki kurabilmektedirler. *Streptomyces* spp. (Gong ve ark., 2018; Özdemir Koçak, 2019), *Micromonospora endolithica* (El-Tarabily ve ark., 2008), *Cellulononas* sp. (Güneş ve ark., 2021) gibi aktinobakterin bitkilerle olan simbiyotik ilişkileri ve farklı bitkilerin gelişimini artırıcı özellikleri üzerinde

çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Sakarya Nehir kaynağının doğduğu alandan alınan sedimentlerden aktinobakteri izolasyonu ve sonrasında elde edilen izolatların 16S rDNA gen bölgesi dizileme çalışmaları ile moleküler tanımlamaları yapılmıştır. Elde edilen izolatlar doğal metabolit varlığı açısından incelenmiştir. Bu izolatların antimikrobiyal aktivite ve bitki gelişimini teşvik edici özellikleri (IAA, inorganik fosfatı çözebilme, N fiksasyonu ve kazeinaz aktivitesi) belirlenmiştir. Bu çalışma, Sakarya Nehir kaynağın Aktinobakteri çeşitliliğinin belirlendiği ve elde edilen izolatların farklı biyoteknolojik özelliklerinin incelendiği ilk çalışmadır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Sedimentten Mikroorganizma İzolasyonu

Çalışma kapsamında Eskişehir ili'nin Çifteler ilçesi'nde bulunan Sakarya Nehri kaynağının 4 farklı bölgesinden alınan sediment örnekleri konumlarına göre numaralandırılmış, steril cam kavanozlara alınmış ve laboratuvara getirilerek izolasyon amacıyla kullanılmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** İzolasyon çalışması için örneklerin alındığı bölgeler ve bazı özellikleri

| Örneklerin Kodları | Sedimentin Alındığı Bölge              | Sedimentin Alındığı Derinlik | Sedimentin Alındığı Noktanın pH'sı |
|--------------------|--|------------------------------|------------------------------------|
| S1                 | Güneş görmeyen bölge, yosun kaplı alan | 1 m                          | 7.0                                |
| S2                 | Az güneşli bölge                       | 1.5-2 m                      | 8.5                                |
| S3                 | Kireçli bölge                          | 2 m                          | 9.0                                |
| S4                 | Kireçli bölge                          | 4 m                          | 8.5                                |

Her bir sediment örneğinden steril şartlar altında 500 µl alınarak steril edilmiş 4.5 mL ringer solüsyonu içeren boncuklu tüplere aktarılmıştır. Dekontaminasyon işlemleri sonrasında seri sulandırma yapılarak  $10^{-4}$ 'e kadar örneklerin dilüsyonları hazırlanmıştır (Sembiring, 2000; Sivakumar, 2008).

Her bir dilüsyondan 0.2 mL alınan çözeltiler, sikloheksimid ( $50 \mu\text{g mL}^{-1}$ ), rifampisin ( $0.5 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) ve nalidiksik asit ( $10 \text{ mg mL}^{-1}$ ) ilaveli tripton yeast glukoz ekstrakt agar (TYGEA), yeast malt agar (ISP 2), SM3 agar, nişasta kazein agar (SCA) ve glukoz maya malt ekstrakt agar (GYMEA) yüzeyine inoküle edilmiştir. Her bir dilüsyon için 2 plak hazırlanmıştır. İnokülasyonlu plaklar,  $\text{O}_2$  girişine izin verecek şekilde  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki etüvde 6-8 hafta süreyle inkübasyona

bırakılmıştır.

Petritlerdeki aktinobakteri benzeri kolonileri belirleyebilmek için makroskopik ve mikroskopik (100x büyütme; ZEISS/Primo Star) incelemeler yapılmıştır. Aktinobakteri ve benzeri koloniler saflaştırılarak % 30 gliserol içine aktarılmış ve -18 ° C'de stoklanmıştır.

## 2.2. Genomik DNA İzolasyonu, 16S rDNA Gen Bölgesinin Analizi

Aktinobakteri izolatlarının genomik DNA'ları; DNA İzolasyon Kiti (Invitrogen,USA) kullanılarak elde edilmiştir. 16S rDNA gen bölgesinin amplifikasyonu için 27F (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') ve 1525R (5'AAGGAGGTGWTCARCC-3') primerleri kullanılmıştır (Özdemir Kocak, 2019). 16S rDNA gen bölgesinin baz dizileri MacroGen firması tarafından ABI 3730XL otomatik baz dizi cihazı ile belirlenmiştir. Mega 7 (Kumar ve ark., 2016) paket programı kullanılarak 5 farklı primerden elde edilen diziler birleştirilmiş ve belirsiz bölgelerin olduğu baz dizileri veri setinden uzaklaştırılmıştır. Elde edilen 16S rDNA baz dizilimi verileri, Ez Taxon Server (<https://www.ezbiocloud.net/>) ve NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) sunucuları kullanılarak analiz edilmiştir. Ez Taxon Server kullanılarak en yakın akraba organizmaların fasta formatında 16S rDNA gen dizileri elde edilmiştir. Mega 7 programında 16S rDNA gen bölgesi baz dizilerinin çoklu hizalaması sonrasında filogenetik soy ağaçları neighbor-joining (Saitou ve Nei, 1987) algoritması ile uzaklık matriksi Jukes-Cantor metodu kullanılarak oluşturulmuştur (Jukes ve Cantor, 1969).

## 2.3. Antimikrobiyal Aktivite Testi

Çalışmada, 2 Gram negatif bakteri (*E.coli* W3110, *P. vulgaris* NRRL B-123), 2 Gram pozitif bakteri (*B. subtilis* IMG 22, *S. aureus* ATCC 25923), 2 maya (*C. albicans* ATCC 1326, *S. cerevisiae* ATCC 9763) ve 2 fungus (*A. parasiticus* NRLL 465, *Fusarium* sp.) kullanılmıştır. Aktinobakteri suşlarının antibiyotik ilavesiz modifiye edilmiş Bennett's Agar (Jones, 1949) yüzeyine inokülasyonu, nokta ekim yöntemi ile yapılmıştır (Williams ve Cavanaugh, 1983). İnokülasyonlu plaklar, 28 °C'de 2 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Gelişen koloniler üzerine, 3-5 ml'lik kloroform dökülmüş ve kloroformun buharlaşması için beklenilmiştir. Ölü koloniler üzerine nutrient broth içerisinde 1-2 gün süreyle gelişen patojen test organizmaları yayma plak yöntemiyle inoküle edilmiştir. 28 °C 1 günlük inkübasyondan sonra koloni çevresinde test patojenlerine karşı oluşan inhibisyon zonları kumpas ile ölçülerek kaydedilmiştir.



## 2.4. Aktinobakteri İzolatlarının Bitki Gelişim Aktiviteleri

İzolatlar, indol asetik asit (IAA) varlığı, serbest azotu (N) fikse edebilme yeteneği, inorganik fosfatı çözebilme yetenekleri ve kazeinaz aktiviteleri yönünden incelenmiştir. Test izolatları, indol asetik asit tayini için 100 mg / L L-triptofan eklenmiş Luria-Bertani (LB) broth'ta geliştirilmiştir. Kontrol grubunda ise triptofansız LB broth kullanılmıştır. Suşlar karanlıkta 30 °C' de 7 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyonun sonunda, kültürler 10.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek elde edilen 1 mL süpernatanta 2 mL Salkowski çözeltisinden (2 mL FeCl<sub>3</sub> (% 1.35), 49 mL su ve 49 mL% 60 (v / v) perklorik asit) ilave edilmiş ve 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir (Gordon ve Weber, 1951). Pembe renk oluşumu IAA üretimini açısından pozitif olarak değerlendirilmiştir.

İzolatların N fiksasyon yetenekleri hazırlanan nitrojensiz ortamda büyüebilme özelliklerine göre belirlenmiştir. İzolatlar, 10 mL yarı katı agar (% 1 Maya Karbon Baz ve% 1 Noble Agar) içeren test tüplerinin içine inoküle edilmiş ve karanlıkta 28 °C'de 3 hafta inkübe edilmiştir. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2 g L<sup>-1</sup>) eklenen yarı katı agar, pozitif kontrol olarak kullanılmıştır (Trujillo ve ark., 2010).

İzolatların kazeinaz aktivitesi nütrient agar ve skim milk agar kullanılarak Kazanas'ın modifiye edilen prosedürüne göre belirlenmiştir. İzolatlar bu ortamlara nokta inokülasyon yöntemi ile ekilmiş ve 3 gün 37 °C'de inkübe edilmiştir. İzolatların aktivitesi açık zon oluşumu ile belirlenmiştir (Kazanas, 1968).

İnorganik fosfatın çözünürlüğü, Ulusal Botanik Araştırma Enstitüleri fosfat-bromofenol mavisi (NBRIPBPB) ortamında (Nautiyal, 1999) yetiştirilen test suşlarının kültürlerinde incelenmiştir. 30 °C'de 7 günlük bir inkübasyon periyodunu takiben fosfatı çözüdüren kolonilerde, berrak zon bölgesi oluşumu pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Sakarya Nehri'nin doğduğu kaynaktan toplanan sedimentlerden mikroorganizma izolasyonu seçici besiyerleri ve farklı antibiyotikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sediment örnekleri antibiyotik ilaveli tripton maya glukoz ekstrakt agar, ISP 2 agar, SM3 agar, SC agar ve glukoz maya malt ekstrakt agar yüzeyine inoküle edilmiştir.

6-8 hafta inokülasyona tabi tutulan sediment örneklerinden GYME besiyeriden 4 izolat, SM3 besiyeriden 13 izolat olmak üzere toplamda 17 mikroorganizma elde edilmiştir. İzole edilen 17 izolatın 14 tanesinin *Micromonospora* cinsi ile, 2 tanesinin *Saccharomonospora* cinsi ve 1 tanesinin *Cellulomonas* cinsi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Sedimentten yapılan Aktinobakteri izolasyonunda SM3 besiyeri en uygun besiyeri olarak görülürken ISP 2, TYGE agar ve SC agarın kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda SC agar ile izolasyon

gerçekleştirilememesine rağmen Özcan'ın (2019) yapmış olduğu çalışmada bu besiyeri kullanılmış ve Aktinobakteri izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu farklılığın nedeni, Özcan'ın çalışmasında göl sedimenti kullanması ya da kullanılan inhibisyon ajanlarının farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Aktinobakteriler; en yaygın olarak toprakta bulunmaktadırlar. Toprak dışında deniz, göl, nehir, magrove sedimenti (Baskaran ve ark., 2011; Arango ve ark., 2018; Özcan, 2019), krater çevresi (Tapia-Vázquez ve ark., 2020), endofitik bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımları (Özdemir Koçak, 2019), insan ve hayvan bağırsağı (Barka ve ark., 2016) veya aktif çamur (Seviour ve ark., 2008) gibi oldukça farklı alanlardanda yaşayabildikleri belirlenmiştir. Tatlı su nehir kaynağından izolasyon ve aktif metabolit çalışmaları da bulunmaktadır (Zothanpuia ve ark., 2018; Arango ve ark., 2018).

Sediment izolasyonu sonucu makroskobik ve mikroskobik görüntülerine göre seçilen 17 izolatın 16S rDNA gen bölgesi analizleri ve antimikrobiyal aktiviteleri ile birlikte bazı bitki gelişim teşvik testleri uygulanmıştır.

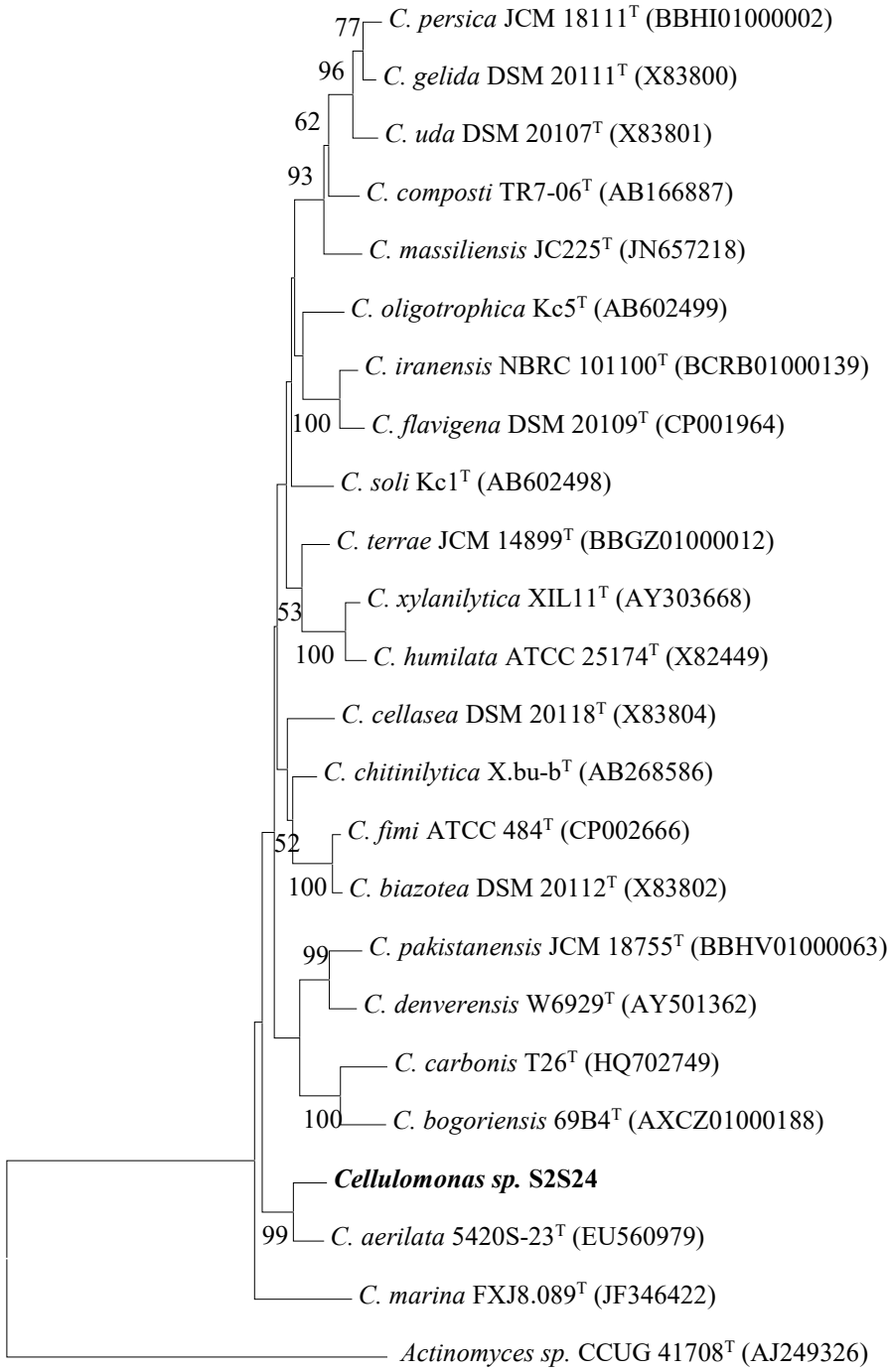
### 3.1. 16S rDNA Gen Bölgesinin PCR Amplifikasyonu

Çalışmada elde edilen 17 Aktinobakteri benzeri izolatın taksonomik pozisyonu 16S rDNA gen dizisi analizleri ile belirlendi. Her izolatın 16S rDNA gen dizisi EzBioCloud ve NCBI web sunucularındaki veritabanları ile karşılaştırıldı. Test izolatlarının 16S rDNA gen bölgesi baz dizi analizi sonuçlarına göre S2S24 izolatının *Cellulomonas* cins üyesi olduğu ve % 98.6 benzerlik oranıyla *Cellulomonas aerilata*'ya komşu olduğu belirlenmiştir. *Cellulomonas* sp. S2S24 suşunun en yakın akraba tip türüne 19 nükleotid farklılığı gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 1). *Cellulomonas* cinsi üyesi olan S2S24 izolatının yüksek nükleotid farklılığına sahip olması nedeniyle olası yeni tür adayıdır. 2019 yılında tanımlanan *Cellulomonas algicola* tatlı su alginden izole edilen yeni bir türdür (Yamamura ve ark., 2019).

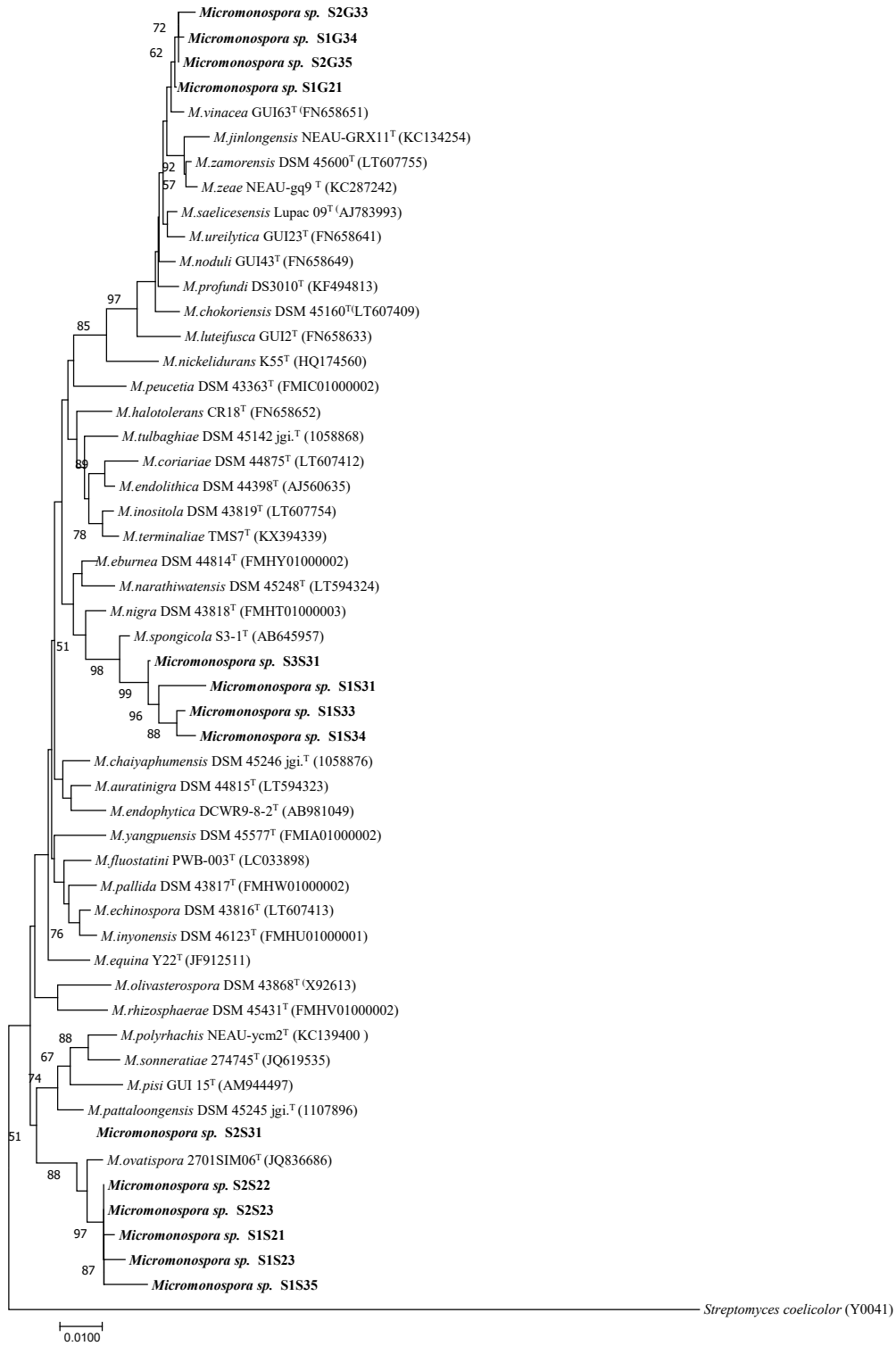
*Micromonospora* sp. S2S31, *Micromonospora* sp. S1S23, *Micromonospora* sp. S1S35, *Micromonospora* sp. S2S22, *Micromonospora* sp. S1S21 ve *Micromonospora* sp. S2S23 izolatlarının % 90.7 - 99.6 oranlarında *M. ovatispora* ile yakın ilişkili olduğu ve 6-130 nükleotid farklılığına sahip oldukları belirlenmiştir. *Micromonospora* sp. S3S31, *Micromonospora* sp. S1S34, *Micromonospora* sp. S1S33 ve *Micromonospora* sp. S1S31 izolatlarının % 99.1 - 99.4 oranlarında *M. spongicola* ile yakın ilişkili olduğu ve 11-13 nükleotid farklılığına sahip oldukları tespit edilmiştir. *Micromonospora* sp. S1G21 izolatının % 99.6 oranında *M. ureilytica* ile yakın ilişkili olduğu ve 6 nükleotid farklılığına sahip olduğu belirlenmiştir. *Micromonospora* sp. S2G33,

*Micromonospora* sp. S2G34 ve *Micromonospora* sp. S2G35 izolatlarının % 99.4-99.9 oranlarında *M. vinacea* ile yakın ilişkili olduğu ve 2-8 nükleotid farklılığa sahip oldukları görülmüştür (Şekil 2). 14 adet *Micromonospora* cinsine ait izolatın 6 tanesinin *Micromonospora ovatispora*, 4 tanesinin *Micromonospora spongicola*, 3 tanesinin *Micromonospora vinacea* ve 1 tanesinin de *Micromonospora ureilytica* ile ilişkili olduğu bulunmuştur. S1S32, S3S31 ve S1S33 izolatlarının *Micromonospora spongicola* S3-1<sup>T</sup> suşu ile sırasıyla % 99.2 benzerlik ve 11 nükleotid farklılığı, % 99.2 benzerlik ve 12 nükleotid farklılığı, % 99.1 benzerlik ve 13 nükleotid farklılığı olduğu belirlenmiştir. Nükleotid farklılıkları göz önüne alındığında söz konusu izolatların yeni tür adayı olarak değerlendirilmeleri gerektiği belirlenmiştir. Daha çok nehir sedimentinden tanımlanan *Micromonospora* türleri (Phongsopitanun ve ark., 2015; Phongsopitanun ve ark., 2016; Veyisoglu ve ark., 2020) mevcut olsa da nehir sedimentinden izole edilmiş olan *Micromonospora fluminis* (Pozo ve ark., 2020) türü de bulunmaktadır.

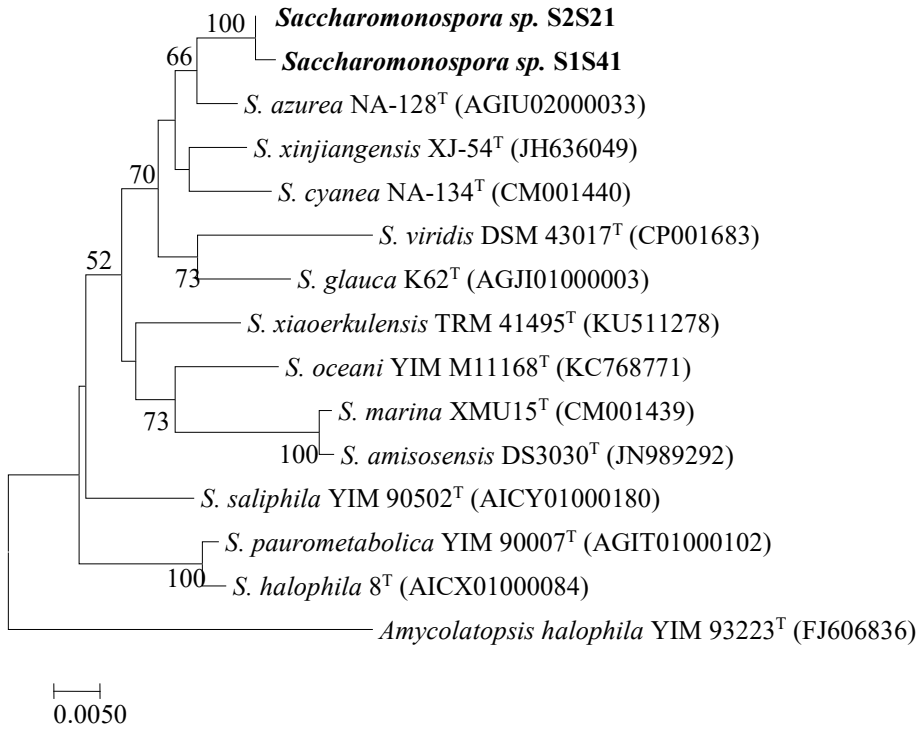
*Saccharomonospora* sp. S2S21 ve S2S41 izolatlarının %98.7-98.8 oranında *Saccharomonospora azurea*'a komşu olduğu ve 15-17 nükleotid farklılığı olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). *Saccharomonospora* cinsi üyesi olduğu belirlenen S1S41 ve S2S21 izolatlarının aralarında 3 nükleotid farklılığı bulunmaktadır ve aynı morfolojik karakterlere sahip olan bu iki izolatın yeni tür olma ihtimali bulunmaktadır. Günümüzde 16 türü bulunan bu cins üyelerinin çoğu topraktan izole edilmiştir. Deniz (Liu ve ark., 2010; Veyisoglu ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2013), göl (Li ve ark., 2016 ) ve balık havuzu sedimentinden (Tseng ve ark., 2018) elde edilerek tanımlanan türleri bulunmaktadır. Literatürde henüz bu cinse ait tatlı su veya nehir sedimentinden elde edilerek tanımlanan bir tür bulunmamaktadır.



**Şekil 1.** *Cellulomonas* cinsine ait test organizmaları ve tip türlerinin 16S rDNA baz dizi analizine dayalı neighbour-joining (Saitou ve Nei, 1987) filogenetik soyağacı. Dış grup olarak *Actinomyces* sp. CCUG 41708<sup>T</sup> (AJ249326) kullanılmıştır.



**Şekil 2.** *Micromonospora vinacea* türü ile ilişkili test organizmaları ve tip türlerinin 16S rDNA baz dizi analizine dayalı neighbour-joining (Saitou ve Nei, 1987) filogenetik soyağacı. Dış grup olarak *Streptomyces coelicolor* Y00411 kullanılmıştır.



**Şekil 3.** *Saccharomonospora* cinsine ait test organizmaları ve tip türlerinin 16S rDNA baz dizi analizine dayalı neighbour-joining (Saitou ve Nei, 1987) filogenetik soyağacı. Dış grup olarak *Amycolatopsis halophila* YIM 93223<sup>T</sup> (FJ606836) kullanılmıştır.

### 3.2. Antimikrobiyal Test Sonuçları

Test izolatlarının antimikrobiyal etkisi farklı patojen mikroorganizmalar kullanılarak belirlenmiştir. S3S31 *Micromonospora* sp. izolatının 5 patojene karşı (*S. aureus*, *B. subtilis*, *C. albicans*, *S. cerevisiae* ve *Fusarium* sp.) etkili inhibisyon zonu verdiği belirlenmiştir. S1S23 izolatının 3 patojene karşı (*S. aureus*, *C. albicans* ve *S. cerevisiae*) etkili inhibisyon zonu verdiği, S1S21 izolatının 2 patojene karşı (*C. albicans* ve *S. cerevisiae*) etkili inhibisyon zonu verdiği ve S2G33 izolatının da 2 patojene karşı (*E. coli* ve *S. cerevisiae*) etkili inhibisyon zonu oluşturduğu tespit edilmiştir. *Micromonospora* sp. ile ilişkili olan 5 organizma ise sadece 1 patojene karşı etkili inhibisyon zonu vermişlerdir. Bu izolatlardan S2G33 izolatı *E. coli*'yi 30 mm zon oluşturarak inhibe etmiştir. S1G34 izolatı da *A. parasiticus*'u 20 mm zon çapı oluşturmuştur. Test sonuçları değerlendirildiğinde, test edilen 17 organizmadan 7 tanesinin hiçbir patojene karşı etkisinin olmadığı gözlenmiştir. En yüksek inhibisyon zonunu S3S31 izolatı *S. cerevisiae* (35 mm) üzerinde oluşturmuştur (Tablo 2). Yapılan analizler sonucu *Cellulomonas* cinsi ile ilişkilendirilen S2S24 izolatının hiçbir patojene karşı etki göstermediği belirlenmiştir. *Micromonospora* cinsi arasında en yüksek inhibisyon zonu veren izolat *M. spongicola* ile ilişkilendirilmiş olan S3S31 ve en düşük

inhibisyon zonu verenler *M. ovatispora* ile ilişkili olan S1S21, S2S23 ve S1S23 izolatlarıdır. *Micromonospora* cinsine ait izolatlardan S2G33 kodlu izolat dışındakiler Gram negatif (*E. coli*, 30 mm) patojenlere etki göstermemiş olup daha çok Gram pozitif bakterilere, maya ve funguslara etkileri görülmüştür.

Metisilin veya rifamsin dirençli organizma gruplarının artması ve alternatif antimikrobiyal ilaç arayışlarındaki talebin artışı nedeniyle mikroorganizmalardan sekonder metabolit taraması güncelliğini korumaktadır. Tüm mikrobiyal metabolitlerin % 45'i filamentli aktinobakteriler tarafından üretilmektedir. 10.000'den fazla biyoaktif bileşiğin 7600'ü (%75) *Streptomyces* ve 2500 metabolit ise *Micromonospora*, *Actinomadura*, *Nocardia* ve *Streptoverticillium* gibi nadir aktinobakteriler tarafından üretilmektedir (Berdy, 2005). Özellikle toprak dışındaki ekstrem ortamlardan nadir aktinomisetlerin yeni selektif izolasyon teknikleri ve nadir aktinobakterileri tarama çalışmaları yeni ve faydalı biyoaktif bileşiklerin keşfine olanak sağlamaktadır (Azman ve ark., 2015; Gärtner ve ark., 2016). Metisilin dirençli *S. aureus*'a karşı etkili olan rifamycinS ve rifamycinS'in geometrik izomeri *Micromonospora rifamycinica* AM105 suşundan elde edilmiştir. Benzer şekilde *Micromonospora* izolasyonu ve biyoaktif bileşik taramaları birçok çalışmanın konusu olmuştur (Phongsopitanun ve ark., 2015; Ichiwaki ve ark., 2017; Veysioğlu ve ark., 2020). Yaptığımız izolasyon çalışması ile de olası yeni türlerin yanında antimikrobiyal etkinliğe sahip suşlarda elde edilmiştir. Özellikle *Micromonospora* suşlarının Gram negatif organizmalardan ziyade Gram pozitif bakterilere, maya ve funguslar üzerine etki gösterdiği ve bu sonuçların literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Karabi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, *Cellulomonas* cinsi üyelerinin izolasyonu yapılmış ve elde edilen izolatların antimikrobiyal aktiviteleri çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlarda test edilen izolatların farklı patojenlere karşı etkin olduğunu belirlemişlerdir (Karabi ve ark., 2016). Fakat yaptığımız çalışmada *Cellulomonas* suşunun kullanılan test patojenlerine karşı etkin olmadığı belirlenmiştir. *Saccharomonospora* sp. üyelerinin antimikrobiyal etkinliğinin belirlendiği bir çalışmada da Gram pozitif ve mantarlardan ziyade izolatların gram negatif patojenlere etkin olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen iki *Saccharomonospora* sp. suşundan S1S41 kodlu olan organizmanın hiçbir patojene etki etmediği S2S21 kodlu organizmanın ise *C. albicans* ve *S. cerevisiae*'a etki gösterdiği belirlenmiştir. Literatürdeki taramalardan farklı sonuçlar elde edilmesi *Saccharomonospora* sp. suşlarımızın olası yeni birer tür olma ihtimalini arttırmaktadır. Benzer şekilde farklı çalışmalarla ticari önemi yüksek pek çok metabolit keşfide yapılmıştır (Huang ve ark., 2008, Kyeremeh ve ark., 2014; Williams ve ark., 2017; Le ve ark., 2017; Ibrahim ve ark., 2017, Ribeiro ve ark., 2020).

**Tablo 2.** Test izolatlarının antibakteriyel ve antifungal aktivite sonuçları

|       | <i>E.coli</i> | <i>P. vulgaris</i> | <i>S. aureus</i> | <i>B. subtilis</i> | <i>C. albicans</i> | <i>S. cerevisiae</i> | <i>A. parasiticus</i> | <i>Fusarium sp.</i> |
|-------|---------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| S2S21 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | 10 mm              | 30 mm                | ---                   | ---                 |
| S3S31 | --<br>-       | ---                | 13 mm            | 20mm               | 26 mm              | 35 mm                | ---                   | 30 mm               |
| S1S33 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S1S34 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S1S35 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S2S24 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S1G34 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | 20 mm                 | ---                 |
| S1G21 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S1S31 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | 25 mm                | ---                   | ---                 |
| S1S23 | --<br>-       | ---                | 20 mm            | ---                | 10 mm              | 25 mm                | ---                   | ---                 |
| S2G33 | 30 mm         | ---                | ---              | ---                | ---                | 22 mm                | ---                   | ---                 |
| S2S23 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | 10 mm                | ---                   | ---                 |
| S2G35 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | 18 mm                | ---                   | ---                 |
| S1S41 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S2S22 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |
| S2S31 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | 14 mm              | ---                  | ---                   | ---                 |
| S1S21 | --<br>-       | ---                | ---              | ---                | ---                | ---                  | ---                   | ---                 |

### 3. 3. Aktinobakteri İzolatlarının Bitki Gelişim Aktiviteleri

Sakarya nehir sedimentinden izole edilmiş olan Aktinobakteri izolatlarının bitki gelişim teşvik özellikleri incelenmiş ve Tablo 3'te verilmiştir. IAA testinde *Saccharomonospora* sp. S1S41, *Micromonospora* suşlarından S2G33, S1S21, S1S33, S2G35, S1S35 ve S2S23 pembe renk oluşumu ile pozitif sonuç vermiştir. Diğer Aktinobakteri suşlarının ise IAA üretim kapasitelerinin olmadığı belirlenmiştir.

N'u fikse edebilme özellikleri açısından Aktinobakteri suşlarının *Saccharomonospora* sp.



S1S41, *Micromonospora* sp. S1S21, *Micromonospora* sp. S1G21, *Micromonospora* sp. S1S35 ve *Cellulomonas* sp. S2S24 haricinde hepsinin pozitif sonuç verdiği belirlenmiştir. Bu suşlar içinde S1S23 suşunun zayıf pozitif olduğu tespit edilmiştir.

Kazeinaz aktivitesi gösteren *Micromonospora* sp. S2G33 ve *Micromonospora* sp. S1S21 suşları dışında diğer suşlar negatif sonuç vermiştir. İnorganik fosfatı çözebilme yeteneğinin hiçbir suşta olmadığı görülmüştür (Tablo 3).

**Tablo 3.** Aktinobakteri suşlarının bitki gelişim teşvik edici özellikleri

| İzolat Kodu | Azok Fiksasyonu | IAA Testi | Kazeinaz Testi | Fosfat Çözebilme |
|-------------|-----------------|-----------|----------------|------------------|
| S1S41       | -               | +         | -              | -                |
| S2G33       | +               | +         | +              | --               |
| S3S31       | +               | -         | -              | -                |
| S1S21       | -               | +         | +              | -                |
| S1S33       | +               | +         | --             | --               |
| S1G34       | +               | -         | -              | -                |
| S1S34       | +               | -         | -              | -                |
| S1G21       | -               | -         | -              | -                |
| S1S34       | +               | --        | --             | --               |
| S1S31       | +               | -         | -              | -                |
| S2G35       | +               | +         | --             | --               |
| S1S35       | -               | +         | --             | --               |
| S2S21       | +               | --        | --             | --               |
| S2S23       | +               | +         | --             | --               |
| S1S23       | + (zayıf)       | --        | --             | --               |
| S2S22       | +               | --        | --             | --               |
| S2S24       | -               | --        | --             | --               |

+: Pozitif sonuç; -: Negatif sonuç; --: Organizma gelişim göstermedi.

Mikroorganizmaların bitki gelişim teşvik edici özellikleri ile ilgili çalışmaların çoğunluğu toprak yada rizosfer bakterileri üzerinedir (Sathya ve ark., 2017; Özdemir Koçak., 2019). Wang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada su altındaki makrofitlerin rizosferinden *Bacillus* ve *Staphylococcus* suşlarının izolasyonu ve bunların yüksek tortu organik madde yükü altında *Vallisneria natans* üzerindeki büyümesini teşvik edici etkisi incelenmiştir (Wang ve ark., 2021). Göl restrasyonu ve ekosistem yenilenmesinde önemli olan makrofitlerin gelişimini arttırılması hedeflenen bu çalışmada diğer toprak ve rizosfer çalışmalarından farklı olarak su altındaki makrofit köklerinden bakteri izolasyonu yapılmıştır. Son dönemde krater çevresi ve Morocco gibi ekstrem ortamlardan izolasyon ve bu ortamlardan izole edilen mikroorganizmaların bitki gelişimi teşvik özelliklerini incelemeye yönelik çalışmalarda yapılmıştır (Nafis ve ark., 2019; Tapia-Vázquez ve ark., 2020). Farklı mikroorganizma gruplarının bitki gelişim teşvik özellikleri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır (de Souza ve ark., 2015).

Ancak literatür taramasında sedimentten elde edilen izolatların bitki gelişimini teşvik özellikleri üzerine herhangi bir çalışmanın olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle ilk kez bu çalışma ile sedimentten

izole edilen suşların bitki gelişimini teşvik edici özellikleri incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda N fiksasyonu açısından *Micromonospora* suşlarının etkin olduğu, *Saccharomonospora* suşlarından S1S41 negatifken S2S21'in pozitif olduğu belirlenmiştir. IAA testinde ise 6 *Micromonospora* suşu ile S1S41 *Saccharomonospora* suşu pozitif sonuç vermiştir. Kazeinaz test sonuçlarında 2 *Micromonospora* suşunun pozitif sonuç verdiği belirlenmiştir. Hiçbir izolatin inorganik fosfatı çözebilme yeteneğine sahip olmadığı belirlenmiştir. N fiksasyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda *Micromonospora* cins üyelerinin N fikse edebilme yeteneklerinin olduğu belirtilmiş ve elde ettiğimiz sonuçların literatürle uyumlu olduğu gözlenmiştir (Trujillo ve ark., 2010 ). *Streptomyces*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus* and *Micromonospora* cinslerine ait üyelerin İnorganik fosfatı çözebilme yeteneği olduğu literatürde belirtilmiştir (Nafis ve ark., 2019). Bununla birlikte, deniz veya kurak ortamlardan izole edilen aktinobakterilerin P-çözündürme etkinliği konusunda çok sınırlı araştırma yapılmıştır. IAA üretimi açısından *Actinomyces* sp., *Frankia* sp., *Nocardia* sp., ve *Streptomyces* spp.'lerin oldukça etkin olduğu bilinmektedir (Wani ve Gopalakrishnan, 2019). Sediment veya sucül ortamlardan elde edilen aktinobakterilerin IAA üretimi ve kazeinaz aktivitesi üzerine yapılmış çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu açıdan elde edilen sonuçlar ilk kez literatüre kazandırılması açısından oldukça önemlidir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Nadir aktinomiset taramalarında özellikle son dönemde toprak ve rizosfer dışındaki alanların tercih edilmesi nedeniyle bu çalışmada, farklı bir ortam olan nehir sedimenti kullanılmıştır. Aktinomiset çeşitliliğini belirleyebilmek amacıyla da selektif ajanlar ve seçici ortamlar kullanılmıştır. Nadir aktinomiset eldesinde SM3 ortamının daha başarılı olduğu ve farklı çalışmalarda da kullanılabileceği öngörülmektedir. İzolatların moleküler tanımlamasında 16S rDNA dizi analizleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan S2S24 *Cellomonas* sp. (19 nt farklılığı), S2S21 *Saccharomonospora* sp. (17 nt farklılığı) ile S1S33 ve S1G21 *Micromonospora* sp. (13-15 nt farklılığı) suşlarının yeni birer tür olabileceği belirlenmiştir. Bu suşlar, nümerik, kemotaksonomik ve genomik analizlerinin tamamlanmasının ardından yeni birer tür olarak literatüre kazandırılacaktır. Bioaktif bileşik yönünden yüksek aktiviteye sahip olan S1S23, S2G33, S3S31 ve S1G34 suşların etken maddelerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması hedeflenmektedir. Bitki gelişimini teşvik edici özelliklere sahip olan S1S21, S1S33, S2G33, S1S41, S2G35 ve S2S23 kodlu suşların bitkilerdeki etkilerinin belirlenmesi düşünülmektedir.

## Tesekkür

Bu çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi BAP tarafından 2016-01.BŞEÜ.13-01.kodlu proje ile desteklenmiştir.

## Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Arango, C., Acosta-Gonzalez, A., Parra-Giraldo, C.M., Sánchez-Quitian, Z.A., Kerr, R., and Diaz, L.E., (2018). Characterization of Actinobacterial Communities from Arauca River Sediments (Colombia) Reveals Antimicrobial Potential Presented in Low Abundant Isolates. *The Open Microbiology Journal*, 12, 181-194.
- Azman, A. S., Othman, I., S Velu, S., Chan, K. G., and Lee, L. H., (2015). Mangrove rare actinobacteria: taxonomy, natural compound, and discovery of bioactivity. *Frontiers in Microbiology*, 6, 856. *Bacteriology*", 2nd ed., Vol. 5, Parts A and B.
- Baltz, R., (2007). Antimicrobials from actinomycetes: Back to Future. *Microbe*. 2, 125-131.
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, H.P., Clément, C., Ouhdouch, Y., and van Wezel, G.P., (2016). Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(1), 1-43
- Baskaran, R., Vijayakumar, R., and Mohan, P. M., (2011). Enrichment method for the isolation of bioactive actinomycetes from mangrove sediments of Andaman Islands, India. *Malays Journal Microbiology*, 7(1), 26-32.
- Berdy, J., (2005). Bioactive microbial metabolites. *The Journal of antibiotics*, 58(1), 1-26.
- de Souza, R. D., Ambrosini, A., and Passaglia, L. M., (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38(4), 401-419.
- El-Tarabily, K. A., Nassar, A. H., and Sivasithamparam, K., (2008). Promotion of growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a calcareous soil by a phosphate-solubilizing, rhizosphere-competent isolate of *Micromonospora endolithica*. *Applied soil ecology*, 39(2), 161-171.
- Gärtner, A., Wiese, J., and Imhoff, J. F., (2016). Diversity of *Micromonospora* strains from the deep Mediterranean Sea and their potential to produce bioactive compounds. *AIMS Microbiology*, 2(2), 205-221.
- Gong, Y., Bai, J. L., Yang, H. T., Zhang, W. D., and Xiong, Y.W. et al., (2018). Phylogenetic diversity and investigation of plant growthpromoting traits of actinobacteria in coastal salt marsh plant rhizospheres from Jiangsu, China. *Systematic and Applied Microbiology*, 41, 516-527.

- Gordon, S. A., and Weber, R. P., (1951). Colorimetric estimation of indoleacetic acid. *Plant Physiology*, 26(1), 192.
- Guan, T. W., Lin, Y. J., Ou, M. Y., and Chen, K. B., (2020). Isolation and diversity of sediment bacteria in the hypersaline aiding lake, China. *PLoS one*, 15(7), e0236006.
- Güneş, A., Yıldırım, E., Turan, M., Kotan, R., Ekinci, M., and Arçın, S., (2021). Amino Acid and Hormone Content of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Grown in Drought Stress Created by PEG6000. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 95-112.
- Huang, C. Y., Roessner, U., Eickmeier, I., Genc, Y., Callahan, D. L., Shirley, N., and Bacic, A., et al., (2008). Metabolite profiling reveals distinct changes in carbon and nitrogen metabolism in phosphate-deficient barley plants (*Hordeum vulgare* L.). *Plant and Cell Physiology*, 49(5), 691-703.
- Ibrahim, S., (2017). Isolation, identification and antibiosis efficacy of marine thermophilic actinomycetes. *Egyptian Journal of Microbiology*, 52(1), 113-128.
- Ichiwaki, S., Costa, A. C., Silva, E. G., Rada, L. R., Lima, F. R., Ortíz-Vera, M. P., and Padilla, G., et al., (2017). Genome sequence of *Micromonospora* sp. NBS 11-29, an antibiotic and hydrolytic enzyme producer, isolated from river sediment in Brazil. *Genome announcements*, 5(28). e00552-17.
- Jones, K. L., (1949). Fresh isolates of actinomycetes in which the presence of sporogenous aerial mycelia is a fluctuating characteristic. *Journal of Bacteriology*, 57,141-145.
- Jose, P. A., and Jha, B., (2017). Intertidal marine sediment harbours Actinobacteria with promising bioactive and biosynthetic potential, *Scientific Reports*, 7(1), 1-15.
- Jukes T. H., and Cantor C. R., (1969). Evolution of protein molecules, Mammalian Protein Metabolism, in Munro, R.E., ed, Academic Press, New York, pp. 21–132
- Karabi, B., Dipak, P., and Sankar, N. S., (2016). Marine bacteria: a potential tool for antibacterial activity. *Journal Applied Environment. Microbiology*, 4, 25–29.
- Kazanas, N., (1968). Proteolytic activity of microorganisms isolated from freshwater fish. *Applied Microbiology*, 16(1), 128-132.
- Kumar, S., Stecher, G., and Tamura, K., (2016). MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33, 1870-1874.
- Kyeremeh, K., Acquah, K. S., Sazak, A., Houssen, W., Tabudravu, J., Deng, H., and Jaspars, M., (2014). Butremycin, the 3-hydroxyl derivative of ikarugamycin and a protonated aromatic tautomer of 5'-methylthioinosine from a Ghanaian *Micromonospora* sp. K310. *Marine Drugs*, 12(2), 999-1012.
- Le, T. C., Yim, C. Y., Park, S., Katila, N., Yang, I., Song, M. C., and Fenical, W., et al., (2017). Lodopyridones B and C from a marine sediment-derived bacterium *Saccharomonospora* sp. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 27(14), 3123-3126.
- Li, D., Chen, Z. J., Luo, X. X., Xia, Z. F., Wan, C. X., and Zhang, L. L., (2016). *Saccharomonospora xiaerkulensis* sp. nov., isolated from lake sediment. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66(12), 5145-5149.
- Liu, W., Shen, X., Liu, C., and Su, Y. C., (2010). *Vibrio parahaemolyticus* in granulated ark shell clam (*Tegillarca granosa*): accumulation from water and survival during cold storage and thermal process. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(4), 670-675.
- Ludwig, W., Euzéby, J., Schumann, P., Buss, H.J., Trujillo, M.E., Kämpfer, P. and Whiteman, W.B., (2012). Road map of the phylum *Actinobacteria*, p 1–28., In Goodfellow M, Kämpfer P, Busse HJ, Trujillo ME, Suzuki KI, Ludwig W, WhitemanWB(ed), Bergey's manual of systematic bacteriology, vol 5. *Springer-Verlag*, New York,
- Macagnan, D., Romeiro, R. D. S., de Souza, J. T. and Pomella, A. W. V., (2006). Isolation of actinomycetes and endospore-forming bacteria from the cacao pod surface and their antagonistic activity against the witches' broom and black pod pathogens, *Phytoparasitica*, 3:122–132 .
- Nafis, A., Rakkami, A., Bechtaoui, N., El Khalloufi, F., El Alaoui, A., Glick, B. R., and Hassani, L., et al. (2019). Actinobacteria from extreme niches in morocco and their plant growth-promoting potentials. *Diversity*, 11(8), 139.
- Nautiyal, C. S., (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, 170(1), 265-270.
- Özcan, K., (2019). Yıldız Gölü Sedimentinden İzole Edilen Aktinobakterilerin Antimikrobiyal ve Enzim

- Üretim Kapasitelerinin Araştırılması, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 144-151.
- Özdemir Koçak, F., (2019). Identification of *Streptomyces* strains isolated from *Humulus lupulus* rhizosphere and determination of plant growth promotion potential of selected strains, *Turkish Journal of Biology*, 43(6), 391-403.
- Phongsopitanun, W., Kudo, T., Mori, M., Shiomi, K., Pittayakhajonwut, P., Suwanborirux, K., and Tanasupawat, S., (2015). *Micromonospora fluostatini* sp. nov., isolated from marine sediment. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 65(12), 4417-4423.
- Phongsopitanun, W., Kudo, T., Ohkuma, M., Pittayakhajonwut, P., Suwanborirux, K., and Tanasupawat, S., (2016). *Micromonospora sediminis* sp. nov., isolated from mangrove sediment. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 66(8), 3235-3240.
- Pozo, M. I. C., Wieme, A. D., Pérez, S. R., Maury, G. L., Peeters, C., Snauwaert, C., and Vandamme, P. A., et al. (2020). *Micromonospora fluminis* sp. nov., isolated from mountain river sediment. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(12), 6428-6436.
- Ribeiro, I., Girão, M., Alexandrino, D. A., Ribeiro, T., Santos, C., Pereira, F., and Carvalho, M. F., et al. (2020). Diversity and Bioactive Potential of Actinobacteria Isolated from a Coastal Marine Sediment in Northern Portugal. *Microorganisms*, 8(11), 1691.
- Saitou, N., and Nei, M., (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular biology and evolution*, 4(4), 406-425.
- Sathya, A., Vijayabharathi, R., and Gopalakrishnan, S., (2017). Plant growth-promoting actinobacteria: a new strategy for enhancing sustainable production and protection of grain legumes. *3 Biotechnology*, 7(2), 1-10.
- Semiring, L., (2008). Selective Isolation and Characterisation of *Streptomyces* Associated with the Rhizosphere of the Tropical Legume *Paraserianthes falcataria* (L)Nielsen, *Ph. D.Thesis. University of Newcastle Upon Tyne, UK* (2000).
- Seviour, R.J., Kragelund, C., Kong, Y., Eales, K., Nielsen, J.L., and Nielsen, P.H., (2008). Ecophysiology of the Actinobacteria in activated sludge systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, 94,21–33.
- Sivakumar, K., (2008). Actinomycetes. In *Centre of Advanced Study in Marine Biology*, Annamalai University.
- Tapia-Vázquez, I., Sánchez-Cruz, R., Arroyo-Domínguez, M., Lira-Ruan, V., Sánchez-Reyes, A., del Rayo Sánchez-Carbente, M., and Folch-Mallol, J. L., (2020). Isolation and characterization of psychrophilic and psychrotolerant plant-growth promoting microorganisms from a high-altitude volcano crater in Mexico, *Microbiological Research*, 232, 126394.
- Trujillo, M.E., Alonso Vega, P., Rodríguez, R., Carro, L., Cerda, E., and Alonso, P., et al., (2010). The genus *Micromonospora* is widespread in legume root nodules: the example of *Lupinus angustifolius*. *ISME Journal*, 4,1265–1281.
- Tseng, M., Chiang, W. P., Liao, H. C., Hsieh, S. Y., and Yuan, G. F., (2018). *Saccharomonospora piscinae* sp. nov., a novel actinobacterium from fishpond sediment in Taiwan. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 68(5), 1418-1422.
- Veyisoglu, A., Sazak, A., Cetin, D., Guven, K., and Sahin, N., (2013). *Saccharomonospora amisosensis* sp. nov., isolated from deep marine sediment, *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 63(10), 3782-3786.
- Veyisoglu, A., Carro, L., Cetin, D., Igual, J. M., Klenk, H. P., and Sahin, N., (2020). *Micromonospora orduensis* sp. nov., isolated from deep marine sediment, *Antonie van Leeuwenhoek*, 113(3), 397-405.
- Wang, C., Wang, H., Li, Y., Li, Q., Yan, W., Zhang, Y., and Zhou, Q., et al., (2021). Plant growth promoting rhizobacteria isolation from rhizosphere of submerged macrophytes and their growth promoting effect on *Vallisneria natans* under high sediment organic matter load, *Microbial Biotechnology*, 14(2), 726-736.
- Wani, S. P., and Gopalakrishnan, S., (2019). Plant growth-promoting microbes for sustainable agriculture. In *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Prospects for Sustainable Agriculture*, pp. 19-45. Springer, Singapore.
- Williams, D. E., Dalisay, D. S., Chen, J., Polishchuck, E. A., Patrick, B. O., Narula, G., and Andersen, R. J. et al., (2017). Aminorifamycins and sporolactams produced in culture by a *Micromonospora* sp. isolated from a Northeastern-Pacific marine sediment are potent antibiotics. *Organic letters*, 19(4), 766-769.
- Williams, J. E., and Cavanaugh, D. C., (1983). Chronic infections in laboratory rodents from inoculation of nonencapsulated plague bacilli (*Yersinia pestis*), *Experientia*, 39(4), 408-409.
- Yamamura, H., Hayashi, T., Hamada, M., Kohda, T., Serisawa, Y., Matsuyama-Serisawa, K., and Hayakawa, M., et al., (2019). *Cellulomonas algicola* sp. nov., an actinobacterium isolated from a freshwater

- alga, *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 69(9), 2723-2728.
- Zhang, D. F., Chen, W., He, J., Zhang, X. M., Xiong, Z. J., Sahu, M. K., and Li, W. J. et al., (2013). *Saccharomonospora oceani* sp. nov. isolated from marine sediments in Little Andaman, India. *Antonie van Leeuwenhoek*, 103(6), 1377-1384.
- Zothanpuia, A. K., Passari, V. V., Leo, P. C., and Kumar, B., et al., (2018). Bioprospection of actinobacteria derived from freshwater sediments for their potential to produce antimicrobial compounds. *Microbiology. Cell Factories*, 17, 68.

## Sıfır Atık Kapsamında Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Geri Kazanımı: Halkın Bu Konudaki Tutumu

Esra AY SARIYAR<sup>1</sup>, Sevde ÜSTÜN ODABAŞI<sup>2\*</sup>, Hanife BÜYÜKGÜNGÖR<sup>3</sup>

### Öz

Gelişen teknolojiye paralel olarak artan elektrikli ve elektronik eşya tüketimi son yıllarda büyük bir problem oluşturmaktadır. Atık elektrikli ve elektronik eşyalar (AEEE), zararlı ve tehlikeli materyaller içermesi nedeni ile çevreyi tehdit ederken aynı zamanda değerli ve geri dönüştürülebilir materyaller içermesi nedeni ile de ekonomik açıdan önemli bir yere sahiptirler. Sıfır atık kapsamında bir AEEE yönetimi yapabilmek için kişilerin e-atık oluşturma potansiyellerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, elektrikli ve elektronik cihazların geri kazanılmasının çevresel, yasal ve ekonomik boyutları ele alınmış ve Samsun ili merkezinde yapılan bir anket araştırması ile mahalle sakinlerinin elektrikli ve elektronik eşya tüketim eğilimi ve atık bilinci tespit edilmek istenmiştir. Samsun ili İlkadım ilçesine bağlı Bahçelievler Mahallesi pilot bölge seçilerek 100 kişiyi kapsayan bir anket çalışması yapılmıştır. Kişilerin elektrikli ve elektronik ürün kullanımı ve değiştirme davranışları, AEEE hakkındaki bilgileri ve bertaraf yöntemleri araştırılmıştır. Çalışmada, katılımcıların %62'si yaşadıkları çevrede AEEE toplama kutularına rastlamadıklarını ve %79'u yaşadıkları çevrede AEEE toplama kutularının bulunması durumunda atıklarını bu kutulara atacaklarını belirtmiştir. Ayrıca çalışmada katılımcıların %41'i pilleri e-atık olarak nitelendirmiştir. Yine katılımcıların %29'u e-atıkların hiçbir farklı işlem uygulamadan günlük çöplerle birlikte toplandığını ifade etmişlerdir. Anket sonuçlarına göre, katılımcılar e-atıkların farkındadır, ancak e-atıkların içeriği ve bertarafı konusunda bilgilendirilmeleri ve e-atıklarını mevzuata uygun bir şekilde atmaları konusunda daha fazla motive edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** AEEE, E-Atık, Geri Dönüşüm, Geri Kazanım, Sıfır Atık.

## Recovery of Waste Electrical and Electronic Equipment within the Scope of Zero Waste: The Attitude of the People on This Issue

### Abstract

The consumption of electrical and electronic equipment, which has increased in parallel with the developing technology, has been a major problem in recent years. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) threatens the environment as it contains harmful and hazardous materials, while at the same time it has an important place economically because it contains valuable and recyclable materials. In order to make AEEE management within the scope of zero waste, it is necessary to know the e-waste generation potential of the people. In this study, the environmental, legal and economic dimensions of the recycling of electrical and electronic devices were discussed and it was aimed to determine the electrical and electronic equipment consumption tendency and waste awareness of the residents of the neighborhood with a survey study conducted in the city center of Samsun. Bahçelievler Neighborhood of Samsun province's İlkadım district was selected as a pilot area and a survey study covering 100 people was conducted. People's use and changing behaviors of electrical and electronic products, their knowledge about WEEE and disposal methods were investigated. In the study, 62% of the participants stated that they did not find WEEE collection boxes in their environment and 79% of them would throw their waste into these boxes if there are WEEE collection boxes in their environment. In addition, 41% of the participants in the study described batteries as e-waste. Again, 29% of the participants stated that e-wastes are collected together with daily garbage without applying any different processes. According to the results of the survey, the participants are aware of e-waste, but it is thought that they should be informed about the content and disposal of e-waste and should be more motivated to dispose of their e-waste in accordance with the legislation.

**Keywords:** WEEE, E-Waste, Recycling, Recovery, Zero Waste.

<sup>1</sup>TCDD Genel Müdürlüğü Etüt Proje Dairesi Başkanlığı Gar, Ankara, Türkiye, esraay\_\_@hotmail.com

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, sevde.ustun@omu.edu.tr

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, hbuyukg@omu.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0150-2048> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3533-4089> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1201-6862>

## 1. Giriş

Bilgi toplumu olma yönünde dünya hızlı adımlarla ilerlerken, elektrikli ve elektronik cihazların kullanım ömürleri her geçen gün azalmaya başlamıştır. Satın alınan her elektronik ürün kısa bir süre sonra popülerliğini yitirip tozlu raflarda yerini yenisine bırakmaktadır. Bunun sonucunda çevreye bırakılan atık elektrikli ve elektronik eşya (AEEE veya e-atık) kirliliğinin nicel ve nitel olarak artması, çevrenin kendisini yenileyebilme yeteneğinin çok üzerine çıkmış ve çevre hızla tahrip olmaya başlamıştır (Keleş ve ark., 2015). Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma ve onu takiben sıfır atık çerçevesinde AEEE'lerin geri dönüşümü önem kazanmıştır.

Bilgi ve teknoloji çağının istenmeyen bir sonucu olan bu yeni atık türü e-atık olarak adlandırılmaktadır (Dwivedy ve Mittal, 2010). AEEE'lerin yönetiminde karşılaşılan en önemli sorun atıkların artan miktarı değildir. AEEE'lerin içerdikleri tehlikeli organik ve inorganik maddeler, e-atıkların evsel atıklarla birlikte atılmasını mümkün kılmamaktadır. Elektrikli ve elektronik eşyaların (EEE) uygun bir biçimde toplanmadığı, geri kazanılmadığı, geri dönüştürülmediği ya da bertaraf edilmediği takdirde içerdikleri zararlı maddeler çevreye kontrolsüz bir biçimde yayılarak geri döndürülemez tahribatlara neden olmaktadır. AEEE'lerin sahip olduğu civa, kadminyum gibi ağır metaller, klorlu ve bromlu maddeler, mineral yağlar gibi zararlı maddeler sadece deponilerdeki toprak kirliliğine değil, yağışlarla yüzey ve yeraltı sularının da kirlenmesine neden olacaktır (Widmer ve ark., 2005; Gullet ve ark., 2007). EEE'ler çoğunluğu zehirli olan 1000'den fazla madde içermektedir. İçerdikleri klorür ve bromür bileşikleri nedeniyle, atık olarak yakıldıkları zaman çevreye insanlar için zararlı olan dioksin ve furan açığa çıkmaktadır (Şentürk, 2019). AEEE'lerin içerisinde bulunan kurşun, suya ve toprağa karışan en zararlı ağır metal olarak bilinmektedir. Kurşun, sinir sistemi, beyin gelişimi, böbrekleri etkilemektedir. Li ve ark., (2006) anakart, ses kartı, işlemci gibi bilgisayar parçalarının atıklarından çevreye salınan kurşun konsantrasyonları, bir atığı tehlikeli olarak sınıflandırmak için yönetmelikteki limit değer olan 5 mg/L'nin 30-100 katı olan 150 ila 500 mg/L arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Çevreye zararlı bir diğer ağır metal ise civadır. Civa, alkalın pillerde, tıbbi cihazların içerisinde, düz ekran monitörlerdeki (LCD) floresan lambalarda ve cep telefonlarının içerisinde kullanılmaktadır. Civa insanların beyin ve böbreklerinde ciddi hasarlara neden olmaktadır (REC, 2016). Tablo 1'de AEEE'lerin içerisinde bulunan başlıca tehlikeli bileşenler verilmiştir. Bu atıklar çevreye ve insan sağlığına uygun doğru tekniklerle ayrıştırılıp geri kazanıldığında çevreye etkisi olmamaktadır. Ancak çevreye uygun olmayan ve güvenlik önlemleri yetersiz yöntemlerle yapılan işlemlerde, bu zararlı maddeler toprağa, suya ve havaya karışmakta doğal kaynakları kirlenme riski oluşturmaktadırlar.

AEEE'lerin geri dönüşümü ve geri kazanımı, bu atıkların içerdikleri bakır, platin, altın, gümüş gibi değerli materyallerin kazanılması bakımından oldukça önemlidir (Ay ve Büyükgüngör, 2011).



AEEE'lerin geri kazanımı ve geri dönüşümü çevreye yarar sağlamasının dışında ekonomiye de büyük katkı sağlamaktadır. Dünyada bir yılda oluşan AEEE'lerin içerdikleri altın miktarı yaklaşık 300 ton civarındadır. Bu miktar madenlerde üretilen altın miktarının yaklaşık %11'ine tekabül etmektedir (REC, 2016; URL-1). Çevresel açıdan, geri dönüşüm faaliyetlerinin en kötüsü bile en faydalı madencilik faaliyetinden daha az zararlıdır. AEEE'lerin geri dönüşümü sırasında metal elde edilmesi sırasında harcanan enerji cevherden metal elde edilmesi sırasında kullanılan enerji miktarından düşüktür. Bu nedenle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanmış olur (Şentürk, 2019). 1 kg'lık alüminyumun geri dönüştürülmesi ile 8 kg boksit cevheri, 4 kg kimyasal madde ve 14 kw saat elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmaktadır. Benzer şekilde bakırın geri dönüşümünde madencilik faaliyetine göre kullanılan enerji, toplam enerjinin sadece %13'ünü oluşturmaktadır (Çelik, 2007). Sonuçta geri dönüşüm ve geri kazanım faaliyetleri ile elde edilen metaller, madencilik faaliyetleri için gereken zaman ve maliyeti düşürerek hem ekonomik fayda sağlamakta hem de çevre ve insan sağlığına olan zararlı etkileri en aza indirmektedir (REC, 2016).

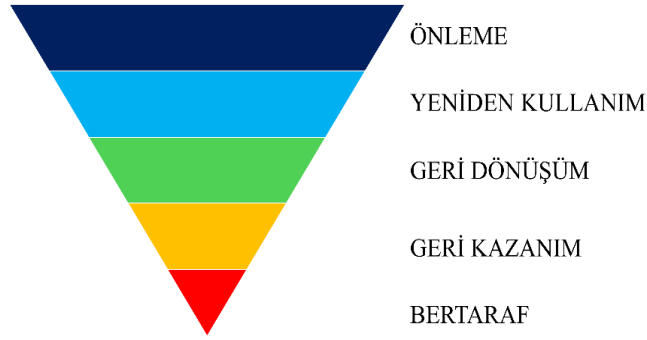
**Tablo 1.** AEEE'lerin içerisinde yer alan tehlikeli bileşenler (Çelik, 2007; Lambert ve Gupta, 2005).

| <b>Materyaller</b>        | <b>Uygulama</b>           |
|---------------------------|---------------------------|
| <b>Ağır Metaller</b>      |                           |
| Cd, Ni, Zn, Pb, Hg        | Piller, floresan tüpleri  |
| Sn, Pb, Cd                | Lehim                     |
| Ba, Sr, Pb                | Katot Işını tüpü camları  |
| Cd, Y, Eu, Se, Zn         | Floresan tozları          |
| Hg                        | Röleler                   |
| <b>Yarı İletkenler</b>    |                           |
| B, Ga, In, As             | Bileşik Devreler          |
| Ga, As                    | LED, fotovoltaik hücreler |
| Se, Ge                    | Diyotlar                  |
| Se                        | Fotokopi Tamburları       |
| <b>Organik Bileşenler</b> |                           |
| PCB                       | Kondansatörler            |
| <b>Plastik Katkıları</b>  |                           |
| Cl                        | PVC                       |
| Cd, Pb, Ni, Ti, Sb        | Pigmentler                |
| Pb, Ba, Cd, Sn            | Stabilizatörler           |

Avrupa Birliği (AB) e-atıkların sürdürülebilir yönetimini sağlamak amacıyla "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (AEEE) Direktifi ve Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılması (RoHS) Direktifini" yayınlamıştır (Anonim, 2011). Ülkemizde ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Avrupa birliğindeki bu direktifleri ulusal mevzuata uyumlaştırarak, AEEE yönetimini düzenlemek için 2012 yılında "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği"ni yayınlamıştır. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği (Tarih 22.05.2012 R.G. sayı 28300) kapsamında EEE atıkları; büyük ev eşyaları, küçük ev aletleri, bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları, tüketici ekipmanları, aydınlatma ekipmanları, elektrikli ve

elektronik aletler (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere), oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları, tıbbi cihazlar, izleme ve kontrol aletleri, otomatlar olarak kategorize edilmiş ve bu kategorilerde ayrıntılı bir liste olarak açıklanmıştır (Anonim, 2012). Bu kapsamda, AEEE'lerin tekrar kullanımı, geri kazanımı ve geri dönüşümü desteklenmektedir. Bu süreç doğrultusunda ilgili paydaşların görev ve sorumlulukları tanımlanarak verimliliğin artırılması hedeflenmektedir (McMahon ve ark., 2019).

Ayrıca ülkemizde sıfır atık kapsamında AEEE'lerin miktarlarının azaltılması, yeniden kullanımı, geri kazanımı ve geri dönüşümü önemli bir yer kaplamaktadır. Sıfır atık; israfın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, atık oluşum sebeplerinin gözden geçirilerek atık oluşumunun engellenmesi veya minimize edilmesi, atığın oluşması durumunda ise kaynağında ayrı toplanması ve geri kazanımının sağlanmasını kapsayan atık yönetim felsefesidir (Anonim, 2019a). Sıfır atık yönetmeliği Madde 14 (2)'de; "Atık pil, bitkisel yağ, atık elektrikli ve elektronik eşya ile diğer geri kazanılabilir atıklar, atık ilaçlar ve büyük hacimli atıklar mahalli idarelerin oluşturulmuş toplama noktalarına, atık getirme merkezlerine ve/ve ya atık işleme tesislerine teslim edilir." denilmektedir. Yönetmeliğin 12 Temmuz 2019'da yürürlüğe girmesinden bu yana kamu kurum ve kuruluşları tarafından tüm ülkede yaygınlaşmaya başlayan atık yönetim planı uygulamaya konulmuştur (Anonim, 2019a). AEEE'ler sıfır atık çerçevesinde Avrupa Birliği'nin Atık Çerçeve Direktifi kapsamında oluşturulan atık hiyerarşisine göre toplanarak değerlendirilmektedir. Şekil 1'de gösterilen bu hiyerarşiye göre AEEE'lerin öncelikli olarak oluşmalarının önlenmesi esastır. Ülkemizde son zamanlarda atık yönetimi uygulanırken atık piramidinin en üst basamaklarına doğru tırmanma hedef alınmış ve bunu sağlayabilmek için bütünsel yaklaşım benimsenmiştir. Avrupa Birliğinde hâkim olan "al-yap-tüket-at" lineer ekonomi modeli, yerini döngüsel ekonomi modeline bırakmıştır. Ülkemizde de AEEE'lerin üretimi, toplanması ve bertarafında bu model örnek alınmaktadır (REC, 2016; McMahon ve ark., 2019). AEEE problemi sadece ülkemizde değil Dünya'da da oldukça önemli bir sorun teşkil etmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 2019 yılında hazırlanan rapora göre dünyada her yıl 62 milyar dolar değerinde 44 milyon ton e-atık üretildiği ifade edilmektedir (URL-2). Türkiye'de ise yılda ortalama 500 bin ton e-atık oluştuğu ve yıllık olarak bu değer %10 arttığı tahmin edilmektedir (URL-3). Bu nedenle e-atık farkındalığını arttırmak amacıyla 2018 yılında 14 Ekim tarihi "Dünya Elektronik Atık Günü" ilan edilmiştir. Her yıl bu tarihte AEEE'lerin toplanması ile ilgili birçok proje ve kampanya düzenlenmekte ve e-atıkların toplanmasına ilişkin bilinç arttırılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 1. AB atık hiyerarşisi (REC, 2016).

AEEE yönetiminde belediye sorumlulukları ön plandadır. Bu kapsamda Avrupa'daki ülkelerin çalışmaları incelendiğinde, İsveç, belediyeler ile ortaklaşa e-atık toplama konusunda iyi uygulama örnekleri arasında yer almaktadır (URL-3). Ayrıca Finlandiya'da e-atık toplama konusunda Avrupa'nın örnek ülkelerinin başında gelmektedir. Finlandiya hükümetinin 2000 yılında başlattığı "Cep telefonu fırlatma yarışması" ile atık cep telefonları ve bataryalarının uygun yöntemlerle toplanması amaçlanmıştır. Bu yarışma ile AEEE'lere yönelik bilincin artması eğlenceli hale gelmiştir (URL-4). Ülkemizde de sıfır atık kapsamında belediyelerin çalışmaları mevcuttur. Örneğin 2014 yılında İstanbul ili Kadıköy Belediyesi'nin yaptığı bir çalışmada "Anadolu'ya yardım kampanyası" başlığı altında AEEE'ler toplanarak içlerinde yeniden kullanılabilir EEE'ler uygun hale getirilmiş ve Anadolu'da bulunan çeşitli okullara gönderilmiştir (URL-5). Yine 2016 yılında sanayinin kalbi olan Kocaeli'de ise, atık toplama merkezlerinin bu şehirde bulunmasından faydalanarak, e-atık toplama kampanyası başlatılmıştır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi bu şekilde 5 yılda 98 ton AEEE'nin geri dönüşümünün sağlandığını belirtmiştir (URL-6). 2018 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği (TÜBİSAD) işbirliği ile Türkiye Eğitim Gönüllüleri Vakfı'nın (TEGV) geliştirdiği "Atma Bağışla" projesi ile, 50 tondan fazla e-atık geri dönüştürülmüştür (URL-7).

Sıfır atık felsefesiyle AEEE'lerin oluşumunun önlenmesi veya azaltılması için tasarım aşamasında başlayan bir dizi tedbirin alınması gerekmektedir. Yaşam döngüsü analizi (YDA) yaklaşımı ve çevre için tasarım araçları (ÇİT) benimsenerek çevre dostu ürünler, kolay demonte edilebilen tasarımların yapılması, üretim safhasında daha çevre dostu ürünlerin kullanılması, yenilenemeyen kaynak kullanımından kaçınılması, geri dönüştürülen malzemelerin kaynak olarak kullanılması, çabuk bozulan ürünler yerine tamirata kolay olan sürdürülebilir ürünlerin dizayn edilmesi ve böylece yeniden kullanımının desteklenmesi amaçlanmaktadır (Anonim, 2019a). Yaşam döngüsü analizi ile çevresel etkinin yanı sıra maliyet, malzeme akışı, enerji akışı gibi çok sayıda kıyaslama yapılabilmektedir. E-atıkların yönetiminde başta Avrupa ülkeleri olmak üzere Asya ve

Kuzey Amerika’da yaşam döngüsü analizi çalışmaları yapılmaktadır (Hong vd., 2015; Xue ve Xu, 2017). Günümüzde atığın oluşumunu önleyen ya da miktarını azaltan sürdürülebilir temiz ve yeni teknolojilerin kullanımı önem taşımaktadır. Elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminde temiz üretim ve endüstriyel simbiyoz teknikleri kullanımı desteklenerek, su ve enerji gibi çokça tüketilen kaynaklarda da büyük ölçüde tasarruf sağlanabilir (Cüce, 2018). Ayrıca yeni yürürlüğe giren Geri Kazanım Katılım Payına İlişkin Yönetmelik kapsamında EEE üretiminde kullanılan ürünlerin bazıları için katılım beyanı yapılmış ve katılım payı tahsil edilmeye başlanmıştır. Bu yaklaşım ile fazla üretimin önüne geçilmesi ve atık oluşumunun engellenmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2019b). Ülkemizde uygun bir AEEE yönetimi yapabilmek için öncelikle oluşan atık miktarının bilinmesi ve atıkların kaynağından ayrı toplanması gerekmektedir. Sıfır atık çerçevesinde ise, EEE’lerin üretiminin ve bilinçsiz tüketiminin kontrol altında tutulması ve atık hale gelen EEE’lerin miktarının azaltılması hedeflenmektedir.

Dünyada artış hızı en fazla olan atık türünü AEEE’ler oluşturmaktadır. Resmi kayıtlara göre AEEE toplama, geri kazanım ve geri dönüşüm miktarları diğer atık türlerine göre daha düşüktür. Avrupa’da İtalya (Roma), Almanya (Dresden) ve Sırbistan’ı (Belgrad) kapsayacak şekilde yapılan bir çalışmada sadece hastanede oluşan e-atık miktarı ve yönetimi incelenmiş ve çalışma sonucunda çoğu hastanenin atık yönetim prosedürünün bulunmadığı olanların ise yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır (Mannocci ve ark., 2011). Yine 2019 yılında Vietnam’da halkın e-atık toplama konusunda geri dönüşüm bilgisini ölçmek üzere anket çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda e-atıkların geri dönüşümü konusunda halkın bilinçsiz olduğu sonucuna varılmıştır (Thi Thu Nguyen ve ark., 2018). Malezya’da yapılan bir çalışmada ise evlerde oluşturulan e-atık miktarı iki ayrı model yardımı ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Malezya gibi gelişmekte olan ülkelerin e-atık toplanmasında verilerin kısıtlı olmasından dolayı modellerin böyle ülkeler için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (İsmail ve Hanafiah, 2019). 2016 yılında Bursa’da yapılan gelir düzeyi farklı olan 31 aileyi (100 kişiyi) kapsayan bir anket çalışmasında katılımların ürün kullanımı, ürün değiştirme davranışları ve e-atıklarını nasıl yönettikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda cep telefonlarının satın alma oranlarının yüksek olduğu ve katılımcıların %60’ının eski modelleri evde tuttuğu belirtmişlerdir. Çalışma, atık tahminleri yapılırken bu gibi faktörlerinde göz önünde tutulması gerektiğine ışık tutmaktadır (Salihoğlu ve Kahraman, 2016). Bu kapsamda AEEE oluşumu ve yönetimi ile ilgili envanter çalışmalarının artırılması gerekmektedir.

Samsun ilinde oluşan e-atık miktarı tam olarak bilinmemektedir. Ayrıca e-atıkların toplanması konusunda tüketici dağılımını belirleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, gelir dağılımı ve eğitim seviyesi ortalama düzeyde olan İlkadım merkez ilçesinin Bahçelievler mahallesi pilot bölge seçilerek bu bölgede yaşayan mahalle sakinlerinin e-atıklar hakkında bilgi düzeyi, geri kazanım konusundaki tutum, davranış ve alışkanlıklarını tespit etmek amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Samsun ilinde merkez ilçesinde bulunan yaş dağılımı ve eğitim seviyesinin çeşitlilik göstermesi sebebiyle pilot bölge olarak seçilen Bahçelievler Mahallesinde 12 sorudan oluşan anket 100 kişinin katılımıyla 2012 yılında gerçekleştirilmiştir. Anket cevaplarının çeşitliliği için mahalle sosyoekonomik düzeye ve yaş dağılımına göre noktalara ayrılmış ve belirlenen yerlere gidilerek anket çalışması yapılmıştır. Ana kütlede seçilen örnekteki kişiler basit örnekleme yöntemine göre seçilmiştir. Anket bir mahalleye uygulandığı için kişi sayısı 100 kişi olarak seçilmiştir. Anket soruları hazırlanırken ise e-atıkların toplanması, geri kazanımı ve mevzuat ile ilgili bir bilgi düzeyi esas alınmış, literatürde daha önce yapılmış çalışmalardan ve kamu ve özel kuruluşların yürüttüğü çalışmalardan örnekler alarak hazırlanmıştır. Anket yapılmadan önce mahalle sakinlerine anketin amacı ve konusu açıklanmış bunun ardından da anket soruları sorulmaya başlanmıştır. Anket yapılırken seçilen pilot bölgedeki mahalle sakinlerine ilk olarak AEEE'ler hakkında yasal bir yönetmelik tüzük ile ilgili sorular yöneltilerek farkındalıkları ölçülmüştür. Daha sonrasında ise AEEE'lerini nasıl bertaraf ettikleri ile ilgili sorular yönetilerek kullanım sonrası atıklarını değerlendirme yöntemi anlaşılmasına çalışılmıştır. Anketin diğer sorularında ise AEEE'ler ile ilgili bilgi düzeyleri ölçülmesi amaçlanmıştır. Anketin sonraki sorularında ise tüketici alışkanlıklarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Anket sonucunda ise mahalle sakinlerinin e-atık hakkındaki bilgi düzeyi, e-atıklara karşı tutumu ve e-atıkların toplanması ile ilgili bilgilerin kazandırılması amaçlanmıştır. Anket soruları Tablo 2'de verilmiştir.

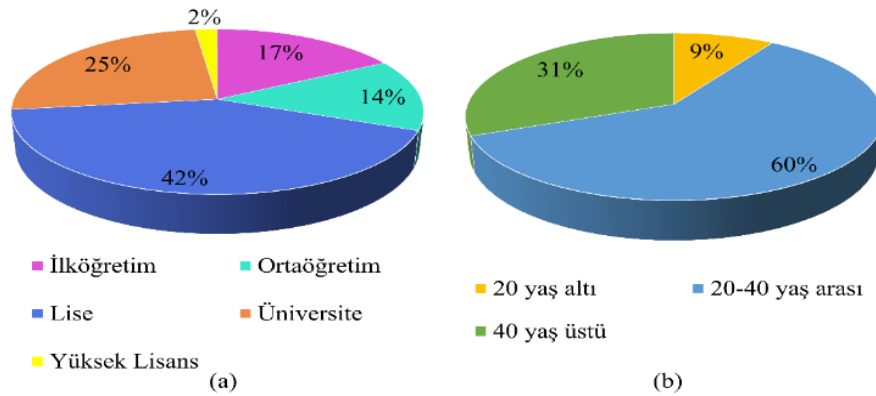
**Tablo 2.** Çalışmada sorulan anket soruları.

|   |
|---|
| Eğitim durumunuz:<br><input type="checkbox"/> İlköğretim <input type="checkbox"/> Ortaöğretim <input type="checkbox"/> Lise <input type="checkbox"/> Üniversite <input type="checkbox"/> Yüksek Lisans  |
| Yaşınız:<br><input type="checkbox"/> 20 yaş altı <input type="checkbox"/> 20-40 yaş arası <input type="checkbox"/> 40 yaş üstü  |
| 1. Türkiye'de elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının yönetimi ile ilgili yasal bir yasa, tüzük, yönetmelik vb. olup olmadığını biliyor musunuz?<br><input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input type="checkbox"/> Fikrim yok   |
| 2. Eskimiş, bozulmuş ve kullanmadığımız elektrikli ve elektronik eşyalarınızı nasıl değerlendiriyorsunuz?<br><input type="checkbox"/> Geri dönüşümü yapılması için aldığım firmaya geri veriyorum.<br><input type="checkbox"/> Geri dönüşümü için bu atıkların geri dönüşümünü yapan firmalara veriyorum.<br><input type="checkbox"/> Ürünün yenisini aldığım halde, bozuk olanını evimde saklıyorum.<br><input type="checkbox"/> Çöpe atıyorum.<br><input type="checkbox"/> Hurdacıya veriyorum. |
| 3. Sizce aşağıdaki seçeneklerden hangileri AEEE'ler içinde değerlendirilir? (Gerekli görüyorsanız birden fazla kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)<br><input type="checkbox"/> Batarya <input type="checkbox"/> Televizyon <input type="checkbox"/> Aydınlatma ürünleri (ampul, floresan, vb.) <input type="checkbox"/> Diz üstü bilgisayar<br><input type="checkbox"/> Pil   |
| 4. Aşağıdakilerden hangisi elektronik ürünlerin içeriğinde bulunur? (Gerekli görüyorsanız birden fazla kutucuğu işaretleyebilirsiniz.)<br><input type="checkbox"/> Altın <input type="checkbox"/> Cam <input type="checkbox"/> Bakır <input type="checkbox"/> Platin <input type="checkbox"/> Arsenik <input type="checkbox"/> Plastik  |

5. Buzdolabı, derin dondurucu, klima gibi elektronik aletlerin yapısındaki CFC (Kloro flor karbon) gazlarının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olup olmadığı hakkında bilgi sahibi misiniz?  
 Evet  Hayır
6. Kullanmadığımız EEE'lerin çöpe atılmamasını belirten herhangi bir uyarı notu veya sembol dikkatinizi çekti mi?  
 Evet  Hayır  Bilmiyorum
7. Cep telefonunuzu ne sıklıkla değiştiriyorsunuz?  
 6-12 ay  2-4 yıl  4-7 yıl
8. Kullanılmayan, eskimiş EEE'ler sizce ülkemizde hangi yöntemler ile toplanmaktadır?  
 Çöp sahalarına götürülmektedir.  
 Diğer atıklardan ayrı toplanmaktadır.  
 Yakılmaktadır.  
 Hurdacılar tarafından toplanmaktadır.  
 Hiçbir farklı işlem uygulamadan günlük çöplerimizle birlikte toplanmaktadır.  
 Bilmiyorum.
9. Ülkemizde veya çevremizde EEE'ler veya parçaları için hazırlanmış olan geri dönüşüm kutuları olsa, atıklarınızı bu kutulara atar mısınız?  
 Evet  Hayır
10. Yaşadığımız çevrede EEE'ler veya parçaları için hazırlanmış olan geri dönüşüm kutuları olsa, atıklarınızı bu kutulara atar mısınız?  
 Evet  Hayır  Bilmiyorum
11. Evinizdeki beyaz eşyalarınızı hangi sıklıkla yeniliyorsunuz?  
 3-5 yıl  5-10 yıl  10-15 yıl
12. Beyaz eşyalarınızı yenileme sebebiniz nedir?  
 Bozulan ürünü tamir ettirmek yerine yenisini almanın daha kârlı olması  
 Daha kullanışlı ürünlerin piyasaya çıkması  
 Sahip olduğum ürünün kullanılamaz hale gelmesi  
 Teknolojiyi takip etmeyi seviyorum.

### 3. Bulgular ve Tartışma

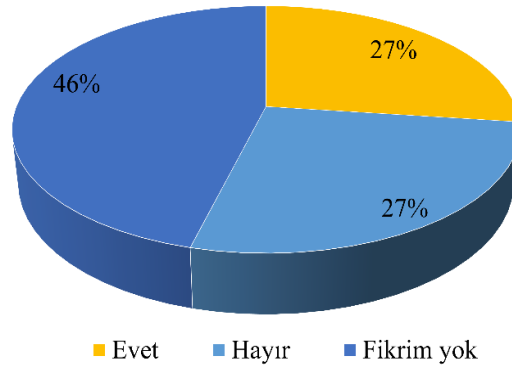
Çalışma kapsamında öncelikle ankete katılan katılımcıların yaş dağılımları ve eğitim durumları tespit edilmiştir. Ankete katılanların eğitim durumu ve yaş dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Anket uygulanan kişilerin eğitim durumları (a) ve yaş dağılımları (b)

Şekil 2'ye göre anket uygulanan kişilerin %60'ı 20-40 yaş arasında, %31'lik kısım ise 40 yaşının üzerinde ve kalan kısım ise 20 yaşın altındadır. Katılımcıların %42'sinin ise eğitim durumunun lise, %25'lik çoğunluğunun ise üniversite olduğu görülmektedir. Katılımcıların %2'lik küçük bir kısmının yüksek lisans mezunu olduğu ve kalan %31'lik kısmın ise ilköğretim ve orta öğretim mezunları oldukları belirlenmiştir.

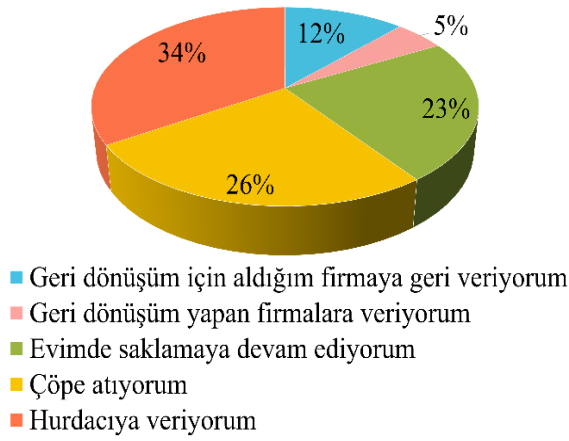
İlk olarak, katılımcıların Türkiye'de AEEE'lerin yönetimi ile ilgili yasal mevzuat bilgi düzeylerine bakılmıştır. Bu kapsamda AEEE'lerin yönetimi ile ilgili yasal bir tüzük, yönetmelik, yasa vb. olup olmadığı hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları sorulmuştur. Cevaplar ise Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Katılımcıların Türkiye'de AEEE'lerin yönetimi ile ilgili yasal mevzuat bilgi düzeyleri

Şekil 3 incelendiğinde katılımcıların %46'lık büyük çoğunluğu "fikrim yok" cevabını verirken %27'lik kısmı ise "hayır" cevabını vermiştir. Kalan %27'lik kısım ise "evet" cevabını vermiştir. Katılımcıların %46'lık kısmının "fikrim yok" cevabını vermesi güncel ve ya taslak halde olan yasal mevzuatlar hakkında bilgi sahibi olmadıklarını ve mahalle halkının yasal mevzuatlara ulaşım konusunda bilinçlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

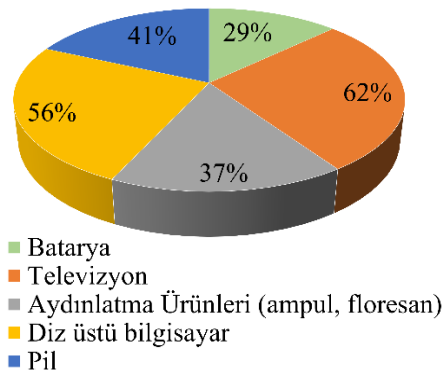
Anketin ikinci sorusunda ise eskimiş, bozulmuş veya kullanılmayan EEE'lerin değerlendirilme yöntemleri sorulmuştur. Şekil 4'te katılımcıların vermiş oldukları cevapların yüzdesi görülmektedir.



**Şekil 4.** Katılımcıların eskimiş, bozulmuş ve kullanılmayan EEE'lerini değerlendirme yöntemleri

Şekil 4'e göre katılımcıların %34'ü eskimiş, bozulmuş veya kullanılmayan EEE'leri hurdacıya para karşılığında verdiklerini, %26'sı kullanılmaz hale gelen ürünleri çöpe attıklarını, %23'ü ise ürünün yenisini aldıkları halde bozuk olanını evde saklamaya devam ettiklerini belirtmişlerdir. Bu oranlar oldukça yüksek çıkmıştır. Anket sırasında katılımcılar, AEEE'lerin değerlendirilmesi ile ilgili bir çalışma yapılırsa ve bilinçlendirilirse çalışmaya katılacaklarını söylemişlerdir. Bu durum mahalle sakinlerinin e-atıkların geri kazanımı ve dönüşümü konusunda bilinçsiz olduğunu, nasıl bir yol izlemeleri gerektiğini bilmediklerini göstermektedir. Atık haline gelen elektronik cihazların nereye götürülmeleri gerektiği konusunda tüketicilerin bilgilendirilmesi gerekmektedir. Katılımcıların %67'sinin eğitim durumu lise ve üniversitedir. Halka gazete, dergi, broşür, afiş, televizyon ve internet ile gerekli bilgilendirme yapılması ve toplama yeri, zamanı, ne tür atıkların kabul edileceği konusunun açıkça belirtilmesi durumda AEEE'lerin toplanmasında olumlu dönüşlerin alınması mümkündür.

Anketin üçüncü sorusunda AEEE'lerin neler olabileceğine dair bilinç düzeyi araştırılmıştır. Katılımcıların vermiş oldukları cevaplar Şekil 5'te verilmiştir.

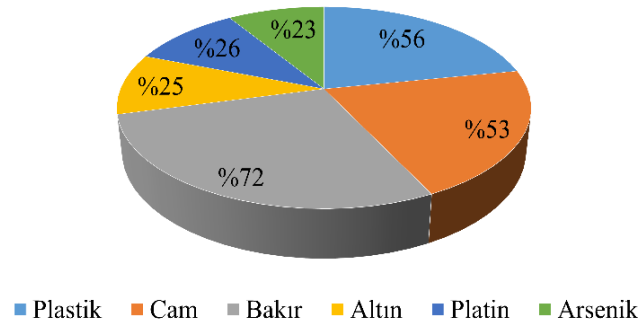


**Şekil 5.** Katılımcıların AEEE'ler hakkında bilinç düzeyi



Şekil 5'e bakıldığında en yüksek yüzdeler dilimi %62 oranında televizyon almıştır. Bir diğer yanıt ise pillerin bir AEEE olarak görülmesi olmuştur. Piller AEEE kapsamında olmamasına rağmen katılımcıların %41'i pilleri e-atık olarak değerlendirmiştir. Bu yanıt üzerine, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği Madde 4-1, b bendi Ek-1/A'da tanımlanan kategorilerde yer alan ürünlerin kullanım ömrü dolduğu andaki bütün bileşenlerini, unsurlarını ve ihtiva ettiği sarf malzemelerinin AEEE kapsamında ele alındığını ve demontaj sonrasında pil, akü, batarya gibi tehlikeli madde sınıfına giren tüm parçaların ayrı toplanması gerektiği konusunda mahalle sakinlerine bilgi verildi. Ayrıca katılımcılara pillerin Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği'ne tabii oldukları ve bu kapsamda pil toplama kutularında ayrı olarak toplanması gerektiği ile ilgili bilgi verilmiştir (Anonim, 2004).

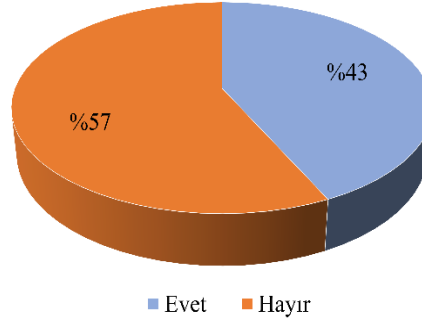
Anketin dördüncü sorusu EEE'lerin içerdiği maddeler ile ilgili mahalle sakinlerinin bilgi seviyesini belirlemek amacıyla sorulmuştur. Seçeneklerde verilen altın, cam, bakır, platin, arsenik ve plastikten hangilerinin AEEE'lerin içerisinde bulunduğu sorulmuştur. Katılımcıların vermiş oldukları cevaplar Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Elektronik ürünlerin içeriğine ilişkin bilinç düzeyi

Ankete katılanların %72'si bakırın AEEE'lerin içeriğinde bulunduğunu söylemişlerdir. Katılımcıların çok az bir kısmı altın ve platin seçeneklerini işaretlemişlerdir. Bu durumun; altın ve platinin değerli metaller olduğu için AEEE'lerin içerisinde yer almadığını düşünmelerinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Sonuç olarak tüketicilerin AEEE'lerin içeriği hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları kanısına varılmıştır. Halkın, AEEE'lerin içeriğinde değerli materyallerin olduğu ve bu nedenle ekonomik değerinin olduğu konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, arsenik ağır metale verilen yanıt ise %27'lik kısmı temsil etmektedir. Bu sonuca göre halk, EEE'lerin içerdiği zararlı maddeler hakkında yeterli bilgiye sahip değildir. Anket sırasında katılımcılara, EEE'lerin içerisinde sadece değerli metallerin değil aynı zamanda Ar, Pb ve Cr gibi tehlikeli ağır metallerin ve diğer zararlı bileşiklerin bulunduğu bilgisi de verilmiştir.

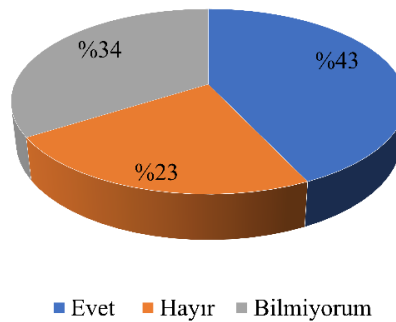
Anketin beşinci sorusunda katılımcılara buzdolabı, klima gibi elektronik aletlerin yapısındaki Kloro florokarbon (CFC) gazlarının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olup olmadığı ile ilgili soru sorulmuştur. Şekil 7’de ankete katılanların vermiş olduğu cevaplar görülmektedir.



**Şekil 7.** CFC gazlarının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisine ilişkin bilinç düzeyi

Verilen cevaplara göre, katılımcıların yarısından azının AEEE’lerin içerisinde sıkça bulunan CFC gazının olası etkileri hakkında bilgi sahibi oldukları tespit edilmiştir. Bu sistemlerde kullanılan CFC gazları; iklim değişikliği, küresel ısınma ve ozon tabakasının incelmeye gibi etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle bu tarz e-atıkları nereye götürecekleri konusunda yönlendirilmeye ihtiyaç duydukları belirlenmiştir.

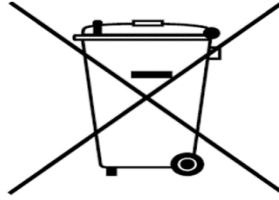
Anketin altıncı sorusunda tüketicilere kullanılan elektrikli ve elektronik ürünlerin üzerinde çöpe atılmamaları gerektiğini belirten herhangi bir uyarı notu veya sembolün dikkatlerini çekip çekmediği sorulmuştur. Katılımcıların vermiş oldukları cevaplar Şekil 8’de verilmiştir.



**Şekil 8.** EEE’lerin çöpe atılmamasını belirten uyarı notu veya sembole ilişkin bilinç düzeyi

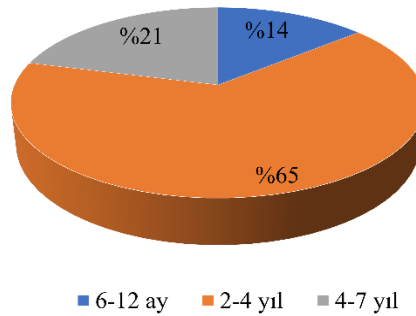
Katılımcıların %43’ü EEE’lerin üzerinde bu ekipmanların direkt olarak çöpe atılmamasını belirten uyarı notu veya sembolü fark etmişlerdir. %34’lük kısmı ise bu uyarı notu veya sembole ilişkin bilgi sahibi olmadığını belirtmiştir. %23’lük kısmı ise hayır yanıtı verip böyle bir not veya sembolün olmadığını belirtmiştir. Yönetmeliğin 2012 yılında yürürlüğe konulmasından itibaren EEE

üreticileri, piyasaya sürülen ürünlerin üzerine Şekil 9’da verilen sembolü yerleştirmekle yükümlüdürler (Anonim, 2019a). Ancak katılımcıların birçoğu elektronik eşyalarını sıklıkla değiştirmediklerini ifade etmişlerdir. Bu nedenle katılımcıların 2012 yılından önce alınan elektronik eşyalarının üzerinde böyle bir ibare bulunmayabileceğinden katılımcıların bu cevabı verdikleri düşünülmektedir.



**Şekil 9.** AEEE işaretlenmesinde kullanılan sembol

Anketin yedinci sorusunda ise katılımcıların cep telefonlarını değiştirme sıklıkları araştırılmıştır. Katılımcıların vermiş olduğu cevaplar Şekil 10’da verilmiştir.



**Şekil 10.** Katılımcıların cep telefonu değiştirme sıklığı

Katılımcıların verdikleri cevaplar değerlendirildiğinde %65 oranına sahip büyük çoğunluğunun cep telefonlarını 2-4 yıl arasında yenilediği görülmüştür. Bu durumun gelir düzeyi ve yaş grupları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Katılımcıların yaşadıkları mahalle merkez ilçede yer almakta olup mahallenin gelir düzeyi düşük değildir. Ayrıca katılımcıların %60’ının 20-40 yaş arasında genç kesim olması teknolojik ilerlemeye ayak uydurma çabasında olduklarını göstermektedir.

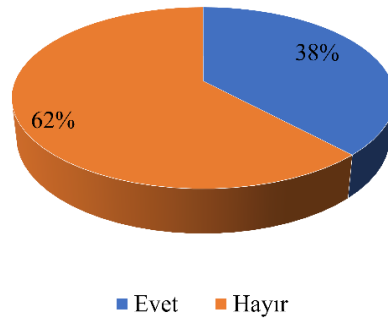
Anketin sekizinci sorusunda katılımcılara kullanılmayan eskimiş EEE’lerin ülkemizde hangi yöntemlerle toplandığı sorulmuştur. Katılımcıların vermiş olduğu cevaplar Şekil 11’de gösterilmektedir.



**Şekil 11.** Katılımcıların kullanılmayan ve eskimiş EEE'lerini bertaraf yöntemleri

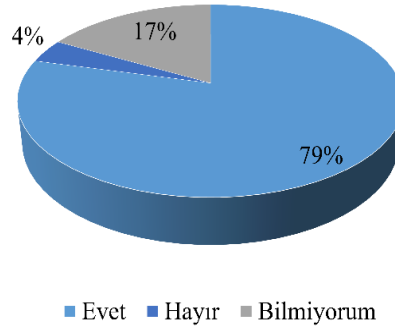
Katılımcıların %29'u kullanılmayan elektrikli ve elektronik ürünlerin hiçbir farklı işlem uygulamadan günlük çöplerle birlikte toplandığını söylemişlerdir. Bu oran AEEE'lerin günlük çöplerle birlikte atıldığını göstermektedir. AEEE'lerin yeniden kullanılması, geri kazanımı ve dönüşümü açısından ayrı toplanması önemlidir. Bu nedenle halkın AEEE'lerin ayrı toplanması konusunda teşvik edilmesi gerekmektedir. Çalışmada %21'lik kısmı ise diğer atıklardan ayrı toplandığını belirtmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında AEEE'lerin toplanması konusunda katılımcıların yeterli bilgiye sahip oldukları düşünülmektedir. Bu nedenle AEEE'lerin ekonomik değerinin olduğu halka anlatılmalıdır. Ayrıca yine %21'lik bir kısmı ise atıkların hurdacılara verildiğini belirtmiştir. Bu bilgi üzerine katılımcılara e-atıklarını hurdacılara vermeyip ayrı topladıkları e-atıklarının toplama kutularına atmaları konusunda bilgi verilmiştir.

Anketin dokuzuncu sorusunda katılımcılara ülkenizde veya çevrenizde EEE'ler veya parçaları için hazırlanmış geri dönüşüm kutularına rastlayıp rastlamadıkları sorulmuştur. Şekil 12'de katılımcıların vermiş oldukları yanıtlar görülmektedir.



**Şekil 12.** AEEE'ler için hazırlanmış geri dönüşüm kutularına ilişkin bilinç düzeyi

Katılımcıların %62'si çevrelerinde AEEE'ler için hazırlanmış geri dönüşüm kutularına rastlamadıklarını belirtmiştir. Bu oran ülkemizde AEEE'lerin geri kazanımının yaygınlaşmadığını göstermektedir. Ülkemizde sıfır atık çerçevesinde bakanlık, belediyeler ve Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği birçok noktaya atık toplama kutuları yerleştirmişlerdir. Ancak bu sayının daha da artırılması ve bu konuda bilgilendirme çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir. Katılımcılara Samsun'daki AEEE toplama noktalarının yerleri ile ilgili bilgi verilmiştir ve katılımcılar da oluşacak e-atıklarını bu yerlere götüreceklerini ifade etmişlerdir. AEEE toplama konusunda halkın kolay ulaşabileceği yerlere atık toplama kutularının yerleştirilmesi atıkların toplanması konusunda önemli bir paya sahiptir. Bu şekilde hem çevre kirliliği önlenmiş olacak hem de e-atıklardan ekonomik kazanç elde edilebilecektir.

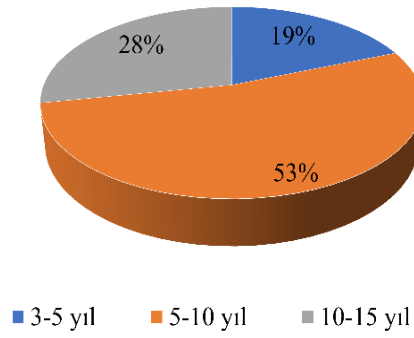


Şekil 13. AEEE'ler için konulacak olan geri dönüşüm ekipmanlarını kullanmaya yatkınlık

Anketin onuncu sorusunda katılımcılara, yaşadığınız çevrede EEE'ler veya parçaları için hazırlanmış olan geri dönüşüm kutuları olsa, atıklarınızı bu kutulara atar mısınız sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların vermiş oldukları cevaplar Şekil 13'te gösterilmektedir.

Katılımcıların %79'u evet cevabını vermiştir. Bu oran, katılımcıların katkı sağlayacaklarını göstermektedir. Şu an Samsun'da hali hazırda üç adet AEEE toplama noktası ve bir adet AEEE işleme tesisi bulunmaktadır (URL-8). Nüfusu 1.335,716 kişi olan bu büyükşehir için AEEE toplama noktaları yetersizdir. Ancak sıfır atık kapsamında Samsun'da AEEE toplama kutuları tüm belediyelerin politikasına eklenmiş olup en kısa zamanda uygulamaya başlanacaktır (URL-9). AEEE'leri bulunan tüketicilerin rahatlıkla bu yerlere erişebilmeleri esastır. Bu nedenle toplama noktalarının sıklığının artması hem halkın e-atığa olan bilincini arttıracak hem de daha fazla e-atık toplanmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca %17'lik kısım "hayır" cevabını vermiş ve %4'lük kısım ise çekimser kalmıştır. Yaklaşık %21'lik kısmın ise e-atık toplama konusunda yeterli farkındalığa sahip olmadığı düşünülmektedir.

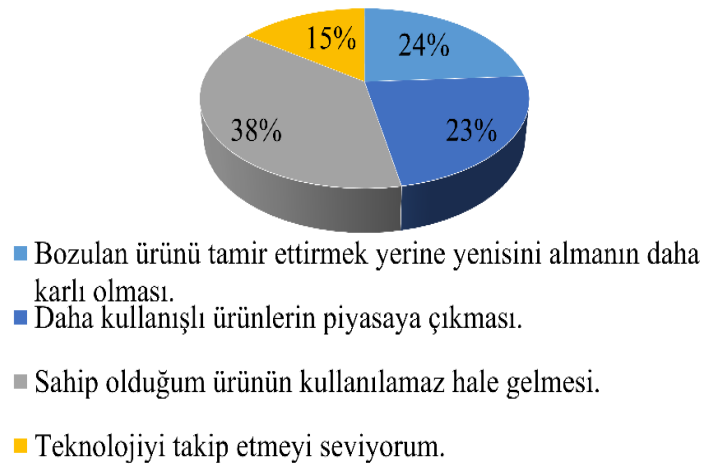
Anketin on birinci sorusunda katılımcılara beyaz eşyalarını değiştirme sıklıkları sorulmuştur. Şekil 14'te katılımcıların vermiş oldukları cevaplar görülmektedir.



**Şekil 14.** Kullanılan beyaz eşyaları değiştirme sıklığı

Katılımcıların %53'lük kısmı beyaz eşyalarını 5-10 yıl içerisinde değiştirdiğini söylemiştir. Katılımcıların %28'i ise beyaz eşyalarını 10-15 yılda değiştirdiklerini ifade etmişlerdir. Kalan %19'luk kısım ise 3-5 yıl arasında değiştirdiklerini söylemişlerdir. Ankete katılanların yaş aralığının %60'ı 20-40 yaş arasındaki genç ve orta yaş kesimden oluşmaktadır. Bu durum yorumlandığında katılımcıların beyaz eşyalarının yeni olabileceği ve bozulmadığı sürece değiştirme gereği duymamış olabilecekleri düşünülmektedir. Fakat gelişen teknoloji ile birlikte ürünlerin kullanım kolaylığının artması gibi nedenlerle piyasaya sürülen yeni modelleri alma isteğinin olabileceği düşünülmektedir. Günümüzde üretilen EEE'lerin kullanım ömürleri genellikle eskilere nazaran fazla uzun değildir. Bu nedenle bozulan EEE'lerin tamir ücretinin yeni cihaz alım ücretine yakın olması gibi nedenlerden dolayı da beyaz eşyaların değişim sıklığında artış olduğu düşünülmektedir.

Anketin son sorusu olan on ikinci soruda katılımcılara beyaz eşyalarını değiştirme sebepleri sorulmuştur. Katılımcıların vermiş oldukları yanıtlar Şekil 15'te verilmiştir.



**Şekil 15.** Katılımcıların beyaz eşyalarını değiştirme sebepleri

Katılımcıların %38'i beyaz eşyalarını değiştirme sebebi olarak sahip oldukları ürünlerin kullanılamaz hale geldiğini söylemişlerdir. Katılımcıların %15'i ise teknolojiyi takip etmeyi sevdiği için eskimemiş bile olsa beyaz eşyalarını yenilediklerini söylemişlerdir. %24'lük kesim ise bozulan ürünün tamir edilmesinden ise yenisini satın almanın daha kârlı olduğunu düşünmektedir. Kullanım ömrünü tamamlamadan çöpe atılan e-atıklar hem çevre kirlenmesine neden olmakta hem de fakir bölgelerde yaşayan halkın bunlara erişmesine olanak sağlamamaktadır.

Global e-waste monitör raporuna göre, 2016 yılında Dünya'da toplam 44,7 milyon ton e-atık oluşmuş ve sadece 8,9 milyon tonu (%20) toplanmış ve geri dönüştürülmüştür (URL-10). Avrupa Komisyonu raporuna göre ise 2017 yılında Türkiye'de piyasaya sürülen toplam elektrikli ve elektronik eşya miktarı 777 bin tondur ve 2017 yılında 19 bin ton e-atık toplanarak sadece %3'lük bir geri dönüşüm oranına ulaşabilmiştir (URL-11). Bu verilere göre e-atık tsunamisi tüm dünyaya hızlıca yayılmakta ve dünya üzerindeki rezervi gittikçe azalan hammaddelerin kullanılması e-atıkların yönetimine ilişkin bir diğer boyutu ortaya koymaktadır. Sıfır atık politikası kapsamında gereken önlemlerin alınması ve e-atıkların mevzuata uygun toplanması hedeflenmelidir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Hızla gelişen teknolojinin kirli yüzü olan AEEE'ler içerdikleri tehlikeli bileşenler nedeniyle, çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir. AEEE'ler uygun yönetilmediklerinde doğal kaynaklar bozulma veya yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Uygun yönetildiklerinde ise hem çevreye olan zararlı ve olumsuz etkileri azalmakta hem de içerdikleri değerli metaller geri kazanılarak ekonomiye katkı sağlanmış olmaktadır. Sıfır atık çerçevesinde AEEE'lerin uygun yönetilerek toplanması ve ayrıştırılması ile AEEE'lerin yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanılması sağlanacaktır. Ayrıca, EEE'lerin çevre dostu olarak tasarlanmasına, piyasa yapısının gelişmesine, teknolojik birikimin ve bilinç düzeyinin artırılmasına olanak sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında AEEE'lerin sıfır atık çerçevesinde geri kazanımı ve geri dönüşümü ile ilgili mahalle sakinlerinin bilinç düzeyi tespit edilmeye çalışılmıştır. Anket sonucunda, katılımcıların AEEE'lerin toplanması, geri kazanımı ve geri dönüşümü hakkında çok fazla bilgiye sahip olmadıkları belirlenmiştir. Ancak katılımcılar, AEEE'lerin yönetimi hakkında bilgilendirildikleri takdirde böyle bir çalışmanın içerisine girebilecekleri kanısına varılmıştır. Bu konuda halkın gazete, dergi, televizyon, internet gibi yayın organları ile bilgilendirilmesi AEEE'lerin kaynağında ayrı toplanması konusunda büyük önem taşımaktadır. Yine anket çalışmalarının bir diğer sonucunda ise katılımcıların %79 gibi büyük bir kısmının evlerinin yakınlarında AEEE toplama kutularının bulunması durumunda e-atıklarını bu kutulara atmak istediklerini belirtmişlerdir. Ancak yine anket sonuçlarına göre AEEE

toplama kutularının sayısının yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu konudaki eksiklik Samsun Büyükşehir belediyesine iletilmiştir.

Çalışma sonucunda yapılabilecek bazı öneriler şu şekildedir:

- Sıfır atık politikası kapsamında kamu, belediyeler ve özel sektörün ortak çalışması ile tüketicilerin AEEE'ler hakkında bilinçlendirilmesi ve AEEE toplama kutularının yaygın hale getirilmesi sonucunda, ülkemizdeki AEEE'lerin geri dönüşüm ve geri kazanım oranlarının zamanla artacağı düşünülmektedir.
- E-atık toplama kutularının yaygınlaşması ile kaynakta ayrışma artar ve bu sayede e-atıkların bünyesinde yer alan altın, bakır, platin gibi atıklar değerlendirilerek ekonomik katkı sağlanabilir.
- Küçük ölçekte yapılan bu çalışmanın sonuçları AEEE'ler konusunda mahalle sakinlerinin tutumu hakkında bilgi sahibi olmamıza olanak sağlayarak örnek teşkil etmektedir. AEEE'ler hakkında çalışma yapılmayan şehirler ve bölgeler, valilik, kaymakamlık, belediye gibi kurumların sosyal medya aracılığı ile kamu spotu oluşturarak halkı e-atıklar konusunda bilinçlendirebilir, yine halka bu tarz anket çalışmaları yaparak anket sonuçlarına göre var olan eksiklik ve olumsuzluklarını düzeltebilirler.
- Çalışma sonucunda belediyeler ile işbirliği yapılarak Samsun ili genelinde, Karadeniz bölgesinde ve hatta ülke genelinde çalışmalar genişletilerek sıfır atık politikasına destek verilebilir.

### **Yazarların Katkısı**

Esra Ay Sarıyar, anket verilerinin toplanmasında ve yorumlanmasında görev almıştır. Sevde Üstün Odabaşı, makalenin yazılmasında ve verilerin yorumlanmasında görev almıştır. Hanife Büyükgüngör çalışmanın planlanmasında ve yürütülmesinde görev almıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş, düzenlemiş ve onaylamışlardır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.



Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, YÖK tez numarası: 324500 olan “Atık elektrikli ve elektronik eşyaların geri kazanımının değerlendirilmesi ve Samsun ilinde seçilen pilot bir bölgede uygulanması” başlıklı yüksek lisans tezinin bir kısmından yapılmıştır.

## Kaynaklar

- Anonim, (2011). Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment.
- Anonim, (2012). Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği, R.G. Tarihi:22.05.2012, R.G. Sayısı:28300, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, (2004). Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği, R.G. Tarihi: 31.08.2004, R.G. Sayısı:25569, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, (2019a). Sıfır Atık Yönetmeliği, R.G.Tarihi:12.07.2019, R.G. Sayısı:30829, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, (2019b). Geri Kazanım Katılım Payına İlişkin Yönetmelik, R.G. Tarihi:31.12.2019, R.G. Sayısı: 30995 (4. Mükerrer), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Ay. E., (2012). *Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Geri Kazanımının Değerlendirilmesi ve Samsun İlinde Seçilen Pilot Bir Bölgede Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ay, E. ve Büyükgüngör, H., (2011, Ekim). Samsun İlinde Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Geri Kazanımının ve Yönetiminin Değerlendirilmesi. *9. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi* (s.509-513). Samsun.
- Cüce, H., (2018). Endüstriyel Üretimde Döngüsel Çevre Politikaları, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 111-122.
- Çelik, Ç., (2007). *Elektrikli ve Elektronik Atıklardan Metal ve Plastik Geri Kazanımının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dwivedy, M., ve Mittal, R. K., (2010). Estimation of Future Outflows of E-Waste in India. *Waste Management*, 30, 483-491.
- Gullet, B. K., Linak, W. P., Touati, A., Wasson, S. J., Gatica, S., ve King, C. J., (2007). Characterization of Air Emissions and Residual Ash from Open Burning of Electronic Wastes During Simulated Rudimentary Recycling Operations. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9, 69-79.
- Hong, J., Shi, W., Wang, Y., Chen, W., ve Li, X., (2015). Life Cycle Assessment of Electronic Waste Treatment, *Waste Management*, 38, 357-365.
- İsmail, H., ve Hanafiah, M. M., (2019). A Preliminary Study on E-Waste Generation from Households in Malaysia, *AIP Conf. Proc.*, 2111, 1-7.
- Lambert, A. J. D., ve Gupta, S. M., (2005). *Disassembly Modeling for Assembly, Maintenance, Reuse, and Recycling*, Boca Raton, CRC Press.
- Li, Y., Richardson, J. B., Walker, A. K., ve Yuan, P. C., (2006). TCLP Heavy Metal Leaching of Personal Computer Components, *Journal of Environmental Engineering*, 132, 497-504.
- Keleş, R., Hamamcı, C., ve Çoban A., (2015). *Çevre Politikası*. Ankara, İmge Kitapevi.
- Mannocci, A., Zscheppang, A., La Torre, G., ve Semyonov, L., Chiaradia, G., Denic, L. D., Jankovic, J., Jankovic, S., Boccia, A., Kirch, W., (2011). A Pilot Survey about Waste Management in European hospitals: Focusing on Electrical and Electronic Equipment, *Journal of Public Health*, 20, 65-69.
- McMahon, K., Johnson, M., ve Fitzpatrick, C., (2019). Enabling Preparation for Re-Use of Waste Electrical and Electronic Equipment in Ireland: Lessons from Other EU Member States, *Journal of Cleaner Production*, 232, 1005-1017.
- REC- Bölgesel Çevre Merkezi, (2016). *Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği Belediye Uygulama Rehberi*, Ankara, Bölgesel Çevre Merkezi.
- Salihoğlu, G., ve Kahraman, A. E., (2016). Türkiye’de Elektrikli ve Elektronik Atık Üretimi:Bursa Örneği, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2), 95-106.
- Şentürk, İ., (2019). Elektrikli ve Elektronik Eşya Atıklarının Geri Dönüşümü Konusunda Halkın Bilinç Düzeyinin Ölçülmesi: Sivas İli Örneği. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 11 (18), 956-978.

- Thi Thu Nguyen, H., Hung, R. J., Lee, H. J., ve Thi Thu Nguyen, H., (2018). Determinants of residents' e-waste recycling behavioral intention: a case study from Vietnam, *Sustainability*, 11(164),1-24.
- URL-1:<https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>, (Erişim Tarihi:31 Mart 2021).
- URL-2:<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/un-report-time-seize-opportunity-tackle-challenge-e-waste>, (Erişim Tarihi:31 Mart 2021).
- URL-3:<http://www.eagd.org.tr/turkiyede-ve-dunyada-e-atik/>, (Erişim Tarihi:20 Mart 2021).
- URL-4:[https://www.posner.com/geraldposner/2012/08/finland-triumphs-in-mobile-phone\\_20.html](https://www.posner.com/geraldposner/2012/08/finland-triumphs-in-mobile-phone_20.html), (Erişim Tarihi:31 Mart 2021).
- URL-5: [https://issuu.com/marlet\\_corporate\\_publishing/docs/2014fr](https://issuu.com/marlet_corporate_publishing/docs/2014fr), (Erişim Tarihi:15 Mart 2021).
- URL-6:<https://www.kocaeli.bel.tr/tr/main/birimler/atik-yonetimi-sube-mudurlugu/13/news?page=240>, (Erişim Tarihi:31 Mart 2021).
- URL-7: <https://tegv.org/bagis-ve-urunler/atma-bagisla/>, (Erişim Tarihi:13 Mart 2021).
- URL-8:<https://webdosya.csb.gov.tr/db/samsun/icerikler/samsun-il-sifir-atik-yonetim-plani-20200918105524.pdf>, (Erişim Tarihi: 16 Mayıs 2021).
- URL-9:<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210> , (Erişim Tarihi: 21 Mayıs 2021).
- URL-10:<https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2020/06/AtiginOtesinde2020.pdf> ,(Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2021).
- URL-11:[https://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/Final\\_Report\\_Art7\\_publication.pdf](https://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/Final_Report_Art7_publication.pdf) ,(Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2021).
- Widmer, R., Oawald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., ve Böni, H., (2005). Global Perspectives on E-Waste. *Environmental Impact Assessment Review*, 25, 436-458.
- Xue, M.,ve Xu, Z., (2017). Application of Life Cycle Assessment on Electronic Waste Management: A Review, *Environmental Management*, 59, 693-707.

## Fırtına Deresi Alt Havzası Akım Verilerine Dayalı 1965-2015 Yılları Arası Nemli ve Kurak Dönemlerin Analizi

Evren TURHAN<sup>1\*</sup>, Serin DEĞERLİ<sup>2</sup>

### Öz

Bir havzanın uzun yıllar boyunca meydana gelen nemli ve kurak dönemleri yağışlardaki değişim ve nehir akım verilerindeki farklılıklar şeklinde kendini göstermektedir. Küresel iklim değişikliği sonucunda belirli zaman periyotlarında taşkın ve kuraklık problemleri ortaya çıkabilmektedir. Bu iki sorunun olası olumsuz etkilerini azaltabilmek adına gözlenmiş geçmiş kayıtlardan yararlanarak analizlerin yapılması ileriye dönük tahmin çalışmalarını açısından doğru ve etkili bir yaklaşım sağlayacaktır. Bu çalışmada son zamanlarda mevcut su kaynaklarında debilerin azalmaya ve ciddi kuraklık etkilerinin görülmeye başladığı ifade edilen Fırtına Deresi Alt Havzası (Rize-Çamlıhemşin) uygulama alanı olarak tercih edilmiştir. Mülga Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ)'nin 2232 nolu Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) 1965-2011 ve Devlet Su İşleri (DSİ)'nin E22A067 nolu AGİ'ye ait 2012-2015 yılları dataları kullanılarak Standardize Akım İndeksi (SRI) yöntemi ile 3, 6, 9 ve 12 aylık nemli ve kurak dönem değerleri elde edilmiştir. Zaman aralığı 1965-1979, 1980-1995, 1996-2011 ve 2012-2015 yılları şeklinde dört ayrı kısımda ele alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, 1965-2005 yılları arasında kurak dönemlerin nemli duruma göre daha yoğun yaşandığı gözlemlenirken, 2005 yılından itibaren 2013'e kadar Şiddetli ve Aşırı Nemli dönemler tespit edilmiştir. 2012-2015 yılları arasında ise kurak yıl sayılarının farklı zaman ölçekleri açısından nemli yıl sayılarına göre artış eğiliminde olması ileride kuraklığa karşı önlemlerin düşünülmesini gerektirebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Nemli ve Kurak Dönemler, Standardize Akım İndeksi, Fırtına Deresi Alt Havzası.

## Analysis of Wet and Drought Periods based on Streamflow Data in the Fırtına Creek Sub-basin between 1965-2015 years

### Abstract

The wet and drought periods of a basin for many years generate themselves as changes in precipitation and differences in streamflow data. Flood and drought problems may arise in certain time periods as a result of global climate change. In order to reduce the potential negative effects of these two problems, making analyzes using the observed past records will provide an accurate and effective approach in terms of future prediction works. In this study, the Fırtına Creek Sub-basin (Rize-Çamlıhemşin), which has recently been pointed out to decrease on the flow rate values and noticed serious drought effects in the existing water resources, was preferred as the case study. With the Standardized Runoff Index (SRI) method, the wet and drought period values on 3, 6, 9 and 12-months have been obtained using the past data of the Flow Observation Stations (FOSs). The data belong to the Former Electrical Works Survey Administration (EIEI) with the number of 2232 for the years of 1965-2011 and the State Hydraulic Works (DSI) with the number of E22A067 for the 2012-2015 ones, respectively. The time period has been investigated in four separate sections as the years of 1965-1979, 1980-1995, 1996-2011 and 2012-2015. As a result of this study, it has been observed that Severe and Extremely wet periods occurred from 2005 until 2013 while the drought periods were more intense than wet conditions between 1965-2005 years. The fact that the number of drought years between 2012 and 2015 has an increasing trend compared to the wet years with regard to different time scales, can require taking precautions against the drought event in the future.

**Keywords:** Wet and Drought Periods, Standardized Runoff Index, the Fırtına Creek Sub-basin.

<sup>1</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, eturhan@atu.edu.tr

<sup>2</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, sdegerli@atu.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0742-4848> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-0208-9152>

## 1. Giriş

Şehirleşme, nüfus yoğunluklarının artması, iklim değişiklikleri çevre üzerinde olumlu olmayan etkiler meydana getiren sebepler olarak karşımıza çıkmaktadır. Globalleşen dünyada iklim değişiklikleri hidrolojik çevrimde kuraklık, taşkın, sel,...vb. gibi doğal afetleri beraberinde getirebilmektedir (Akar ve ark., 2015). Bu afetler yıllar içerisinde değişken bir seyir oluşturabilmekte, dolayısı ile su kaynaklarının korunması ve kullanımı konusu her geçen yıl önemini biraz daha arttırmaktadır. Mevcut su kaynakları için gözlemlenmiş geçmiş veriler ile geleceğe yönelik tahmin çalışmaları su politikalarının doğru belirlenmesi yönünden ciddi katkılar ortaya çıkarabilecektir. Nehir akım veya havza yağış datalarından oluşan bir zaman periyodunda, kurak/nemli dönemlerden nemli/kurak dönemlere aralıklı olarak bir geçiş süreci yaşanabilmektedir (Şişman, 2019). Bu geçişlerin fazla olması nemlilik veya kuraklık durumunu doğrudan etkileyebilmektedir. Bu dönemlerin dengeli olması açısından analizlerinin yapılması su kaynakları ve sistemlerinin efektif planlanması süreçlerinde oldukça etkin bir rol oynayacaktır.

Nemlilik ve kuraklık durumlarını geçmiş yılların kayıtlarından inceleyebilmek adına birçok indisden faydalanılabilmektedir, bu indisler belirtilen süreçlerin başlangıcı ve nasıl devam ettiği konusunda nicel bir yaklaşım sağlamaktadır. Nemlilik oranı yüksek olan bölgeler su kaynakları potansiyeli açısından zengin görünmekle birlikte zaman içerisindeki tehlikeli azalmalar fark edilemeyebilir. Aslında nemli bölgeler için kuraklık, kuraklığı yaşayan yerlere göre daha ciddi tehlikeler ortaya çıkarabilir (Şen, 2015). Sadece yağış verisini giriş değerleri olarak kullanan Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiştir. SPI'nın pozitif tanımlı değerleri ile nemlilik, negatif olanları ile de kuraklık sınıflandırılabilir (Turhan ve ark., 2016a). SPI sonuçları hem taşkın hem de kuraklık çalışmaları için sıklıkla tercih edilen metotlardandır (Tuna ve ark., 2009; Şan ve ark., 2019). Araştırma alanının Doğu Karadeniz Havzası seçildiği çalışmalarda yağış, sıcaklık ve akım verilerinin değerlendirildiği eğilim analizlerine rastlamak mümkündür (Çeribaşı ve Doğan, 2015; Akçay, 2018; Şan ve ark., 2019). Bunların yanında kuraklık indisleri üzerine yapılan trend analizi uygulamaları da mevcuttur (Partal ve Yavuz, 2020). Farklı havzalarda kuraklık indisleri yardımı ile nemli ve kurak dönemlerin ele alındığı yayınlar meteorolojik ve hidrolojik kuraklık ekseninde oluşturulmuştur. Ayrıca bitişik havzalar olan Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzaları'nda belirlenen AGİ ve Yağış Gözlem İstasyonu (YAGİ) aylık değerleri ile yıllık bazda Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) etkisinin sonucu olarak söz konusu parametrelerin devinimleri araştırılmıştır (Güney ve ark., 2008).

Literatür incelendiğinde Doğu Karadeniz Havzası için nemli ve kurak dönemler ile ilgili çalışmaların az sayıda olduğu görülebilmektedir. Sınırlı olan araştırma konuları genellikle eğilim analizleri şeklindedir. Partal ve Yavuz (2020) ele aldıkları çalışmalarında SPI ve De Martonne

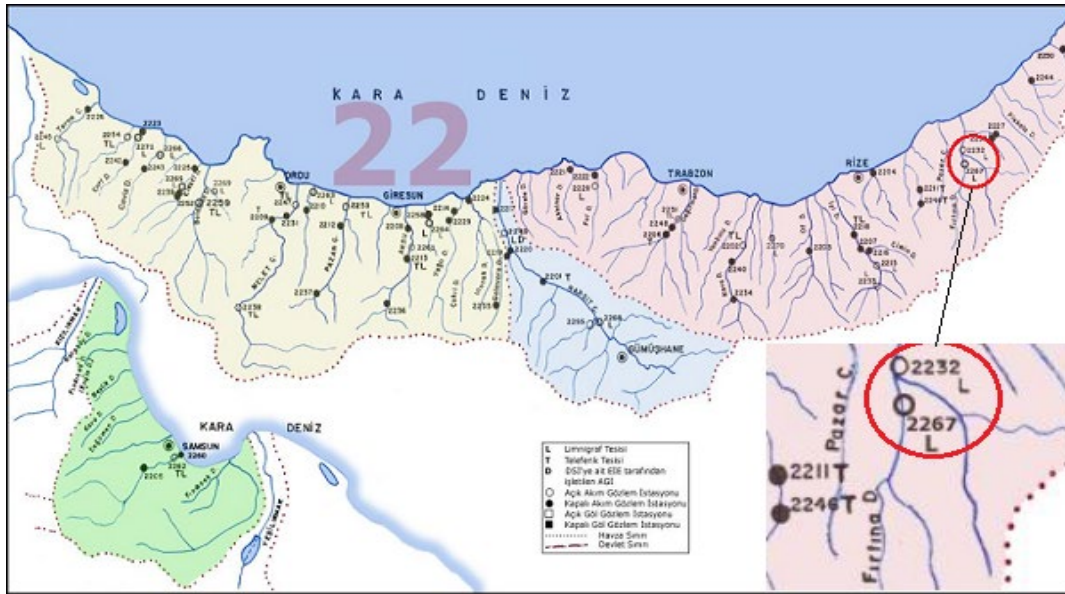
indislerini kullanmışlar ve Mann-Kendall testini uygulama yöntemi olarak benimsemişlerdir. Çalışmalarının bir sonucu olarak Rize, Samsun ve Çorum gibi bazı YAGİ'lerde kurak ayların sayısında artış eğilimleri tespit etmişlerdir. SPI analizlerine benzer yapıda olup, Akım Kuraklık İndeksi (SDI) yöntemine göre farklı dağılım fonksiyonunu kullanan Standardize Akım İndeksi (SRI); geçmiş akım verileri ile nemli ve kurak dönemlerin sınıflandırılabilirdiği güncel sayılabilecek bir metot olarak uygulama alanı bulmaktadır (Shukla ve Wood, 2008; Okkan ve Altun, 2019).

Ülkemizde son yıllarda artan küresel iklim değişikliği sorunları yağış miktarının düşmesi ve sıcaklıkların normalin üzerinde seyretmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile yağışlar sonucu havzaya transfer olan akışın azalması hidrolojik kuraklığı açığa çıkarabilmektir. Hidrolojik kuraklığı ele alan indislerin geçmiş uzun yıllar açısından nemli ve kurak dönem sınıflandırmaları için değişimlerinin incelenmesi; projeksiyon çalışmaları için oldukça faydalı olacak, ayrıca alınacak önlemler yönünden de yol gösterici bir nitelikte olacaktır. Bu çalışmada son yıllarda debi miktarlarının önemli derecede düşüşe geçtiği belirtilen Fırtına Deresi Havzası üzerinde konumlandırılmış 2232 nolu AGİ'nin 1965-1979, 1980-1995, 1996-2011 yılları ve E22A067 nolu AGİ'nin 2012-2015 yılları arası gözlenmiş akım dataları kullanılarak 3, 6, 9 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için nemlilik ve kuraklığın durumları incelenmiştir. Belirlenen sınıflandırma ölçütlerinde özellikle alt ve üst limit olan Aşırı Nemli ve Kurak dönemlerin, bunun yanı sıra da diğer orta limitlerin incelenen zaman periyotları için gerçekleştiği ay sayıları vurgulanmış, grafiklerle desteklenmiştir.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Çalışma Alanı ve Akım Verileri**

Fırtına Deresi Havzası su kaynakları açısından Türkiye'nin önemli alt havzalarından biridir. Rize'nin 45 km doğusunda yer almakta ve en büyük yağış havzalarından sayılmaktadır. Su toplama alanı yaklaşık 1156 km<sup>2</sup>'dir. Havzadaki aylık toplam yağış Ocak ile Nisan ayları arası doğrusal bir şekilde düşüş göstermekte, sonrasında Ekim ayına kadar artışa geçmekte ve en son tekrar azalmaktadır. Su yılları içerisinde genellikle ilkbahar dönemi az yağışlı veya nemli, diğer mevsimler ise çok nemli rejim hüküm sürmektedir (Yüksek ve ark., 2020). Havzada yer alan 2232 ve E22A067 nolu AGİ'leri Şekil 1'de görebilmek mümkündür. 2232 nolu AGİ 1964 yılından itibaren EİEİ tarafından işletilmiş olup, en son veriler 2011 yılı için kayda alınmıştır (EİEİ, 2011). E22A067 AGİ için ise 2012-2015 yılları arası datalar bulunmaktadır (DSİ, 2015). Bu çalışmada 1965-1979, 1980-1995, 1996-2011 ve 2012-2015 su yılları nemli ve kurak dönemler bakımından analiz edilmiştir.



Şekil 1. Fırtına Deresi Alt Havzası AGİ konumları (EİEİ, 2011)

Tablo 1’de belirlenen istasyonların numaraları, adları, lokasyonları, yağış alanları ve gözlemlenmiş akım verilerinin yıllık ortalamaları gösterilmektedir (DSİ, 2015).

Tablo 1. AGİ bilgileri (DSİ, 2015)

| AGİ No  | İstasyon Adı           | Enlem (K) | Boylam (D) | Yağış Alanı (km <sup>2</sup> ) | Ortalama Akım (m <sup>3</sup> /s) | Değerlendirme Süresi |
|---------|------------------------|-----------|------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 2232    | Fırtına Deresi-Topluca | 41°03’58” | 41°00’28”  | 763.2                          | 29.6                              | 1965-2015 Su Yılları |
| E22A067 | Hodigor Çayı-Sütlüce   | 41°02’22” | 41°00’33”  | 504.60                         | 19.68                             |                      |

## 2.2. Standardize Akım İndeksi (SRI)

SRI hesaplamaları farklı zaman ölçeklerinde SPI meteorolojik kuraklık değerlerinden yola çıkılarak oluşturulmaktadır (McKee ve ark., 1993). SPI yönteminde yağış verileri kullanılmakta, SDI yönteminde ise aylık ortalama akım verileri giriş parametresi olarak kabul edilmektedir (Nalbantis, 2008). SDI yönteminden farklı şekilde SRI’de akım değerlerine uygun bir dağılım hesaplanmaktadır (Pathak ve Channaveerappa, 2016). Akım verileri  $Q_{i,j}$  şeklinde gösterildiğinde  $i$  hidrolojik yılı,  $j$  ise Ekim ile Eylül yani su yılı içerisindeki ay sayılarını ve  $k$  ise referans periyot ifadesini belirtmektedir. SDI ile kümülatif akım hacmi Denklem (1)’de olduğu gibi hesaplanabilir (Yaltı ve Aksu, 2019):

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j} \quad i = 1,2, \dots \quad j = 1,2, \dots, 12 \quad k = 1,2,3,4 \quad (1)$$

Ekim–Aralık dönemi için  $k=1$ , Ekim–Mart dönemi için  $k=2$ , Ekim–Haziran için  $k=3$  ve Ekim–Eylül için  $k=4$  olarak öngörülmektedir. Kümülatif akım hacimlerine göre  $i$  hidrolojik yılın her bir  $k$  ifadesi için SDI değeri aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır (Denklem (2)):

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_k}, k = 1,2,3,4 \quad (2)$$

Denklem (2)'deki  $V_k$  ve  $S_k$  kümülatif akım hacimlerinin ortalamasını ve standart sapma değerini tanımlamaktadır. SRI; Shukla ve Wood (2008) tarafından nehir akım verilerini dikkate alarak nemli ve kurak dönemleri inceleyebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Datalar uygun bir olasılık dağılımı ile ifade edilmektedir (Pathak ve Channaveerappa, 2016). Akarsu akım verileri gibi değişken yapıdaki giriş parametreleri normal dağılımdan daha çok iki parametrelili Gamma dağılımına uyum sağlamakta, dolayısı ile de yöntemin ele alınmasında bir düzenleme gerekli görülmektedir (Okkan ve Altun, 2019). Akım verilerinden faydalanılarak 3, 6, 9 ve 12 ay için SRI değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Aşırı Nemli ve Aşırı Kurak arasında sekiz değişik sınıflandırmaya bölünmüştür. Tablo 2'de SRI alt ve üst limit değerlerinin sınıflandırılmış hali görülebilmektedir (Turhan ve ark., 2016b; Turhan ve ark., 2019):

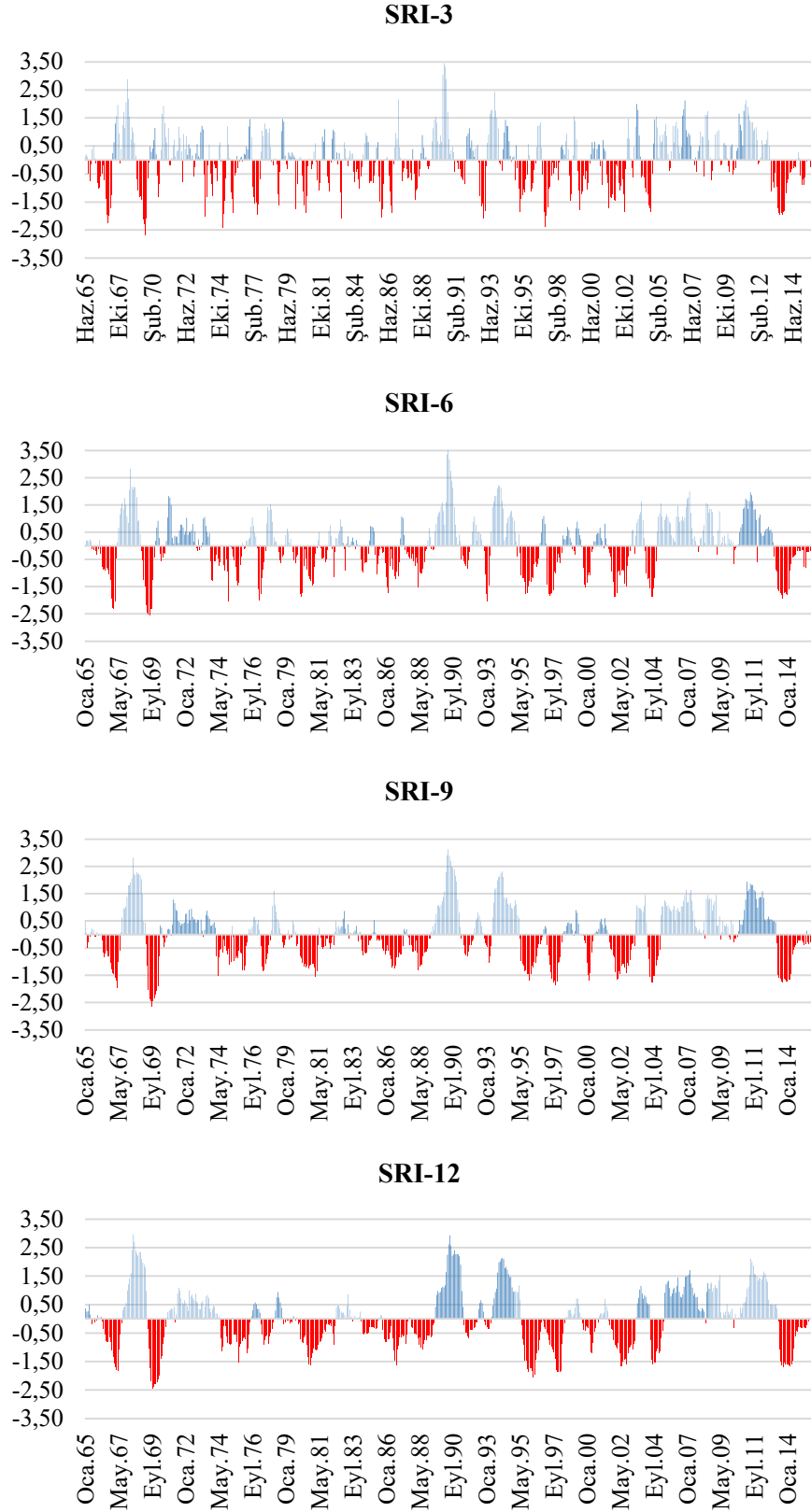
**Tablo 2.** SRI sınıflandırması (Turhan ve ark., 2019)

| SRI Değeri           | Sınıflandırma       |
|----------------------|---------------------|
| $SRI \leq -2$        | Aşırı Kurak (AK)    |
| $-2 < SRI \leq -1.5$ | Şiddetli Kurak (ŞK) |
| $-1.5 < SRI \leq -1$ | Orta Kurak (OK)     |
| $-1 < SRI \leq 0$    | Hafif Kurak (HF)    |
| $0 < SRI \leq 1$     | Hafif Nemli (HN)    |
| $1 < SRI \leq 1.5$   | Orta Nemli (ON)     |
| $1.5 < SRI \leq 2$   | Şiddetli Nemli (ŞN) |
| $SRI > 2$            | Aşırı Nemli (AN)    |

### 3. Bulgular ve Tartışma

Müteferrik Doğu Karadeniz Suları Havzası'nda yer alan 2232 numaralı Fırtına Deresi- Topluca ve E22A067 nolu Hodigor Çayı-Sütlüce istasyonlarında 3, 6, 9 ve 12 aylık çeşitli zaman ölçekleri için SRI değerlerinin zamansal dağılımı Şekil 2'de belirtilmiştir. Hesaplanan SRI-3 değerlerine bakıldığında 1968, 1987, 1990, 1993, 2006 ve 2011 yıllarında Aşırı Nemli durum gözlemlenirken; 1967, 1969, 1983, 1985 ve 1997 yıllarında ise Aşırı Kurak dönemlerin meydana geldiği dikkat çekmektedir. SRI-6 grafiğinde Aşırı Kurak dönem sadece 1965-1979 yılları arasında oluşurken, tüm

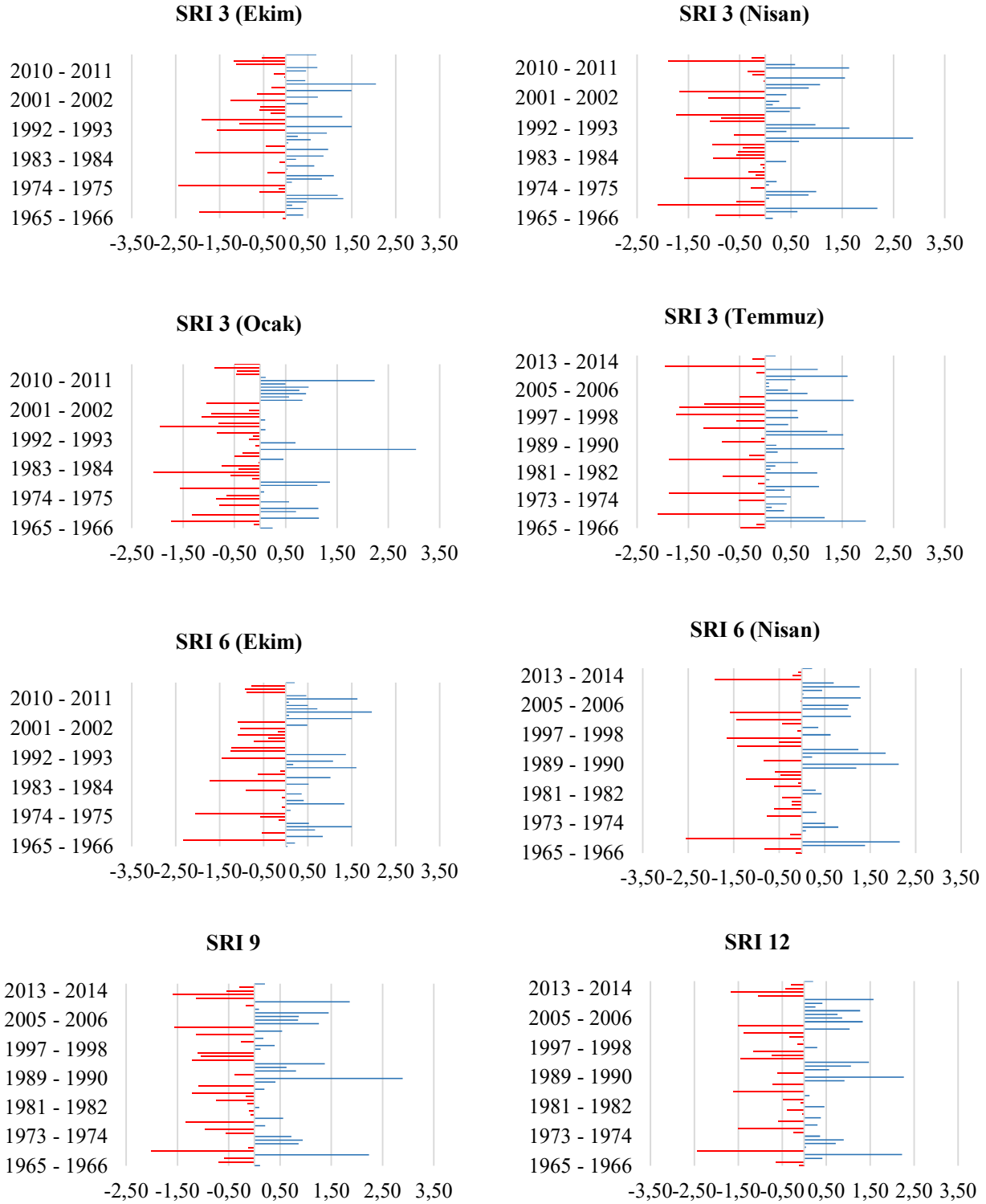
yıllar göz önüne alındığında Şiddetli Kuraklığın olduğu zamanlar da ayrıca göze çarpmaktadır, buna ek olarak SRI-6’da 1968, 1990 ve 1993 yıllarında Aşırı Nemli dönem tespit edilmiştir.



Şekil 2. SRI ölçeklerinin zamansal değişimi



SRI-9 grafiğinde Ocak 1969 dönemi ele alınan tüm yıllar boyunca hesaplanan tek Aşırı Kurak durum olarak izlenmiştir. 1968, 1990 ve 1993 yıllarında ise Aşırı Nemli durum meydana gelmiştir. SRI-12 grafiğinde 1969 ve 1996 dönemlerinde Aşırı Kurak durum belirlenirken; 1968, 1990, 1993 ve 2012 yıllarında Aşırı Nemli dönemler görülmektedir. 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemlerin ortalama değerleri üzerinden farklı zaman ölçeklerinde hesaplanan SRI değerleri Şekil 3'te verilmektedir.



Şekil 3. SRI-3, 6, 9, 12 su yıllarına göre değişim grafiği

Tüm zaman dilimlerine bakıldığında 2005 yılının başından 2013 yılına kadar Şiddetli ve Aşırı Nemli dönemler dikkat çekmektedir. 1965-2005 yılları arasında kuraklığın nemliliğe göre daha yoğun yaşandığı gözlemlenirken, 2005-2013 yılları arasında Hafif Kuraklık sınıflandırması üzerinde kuraklıklara pek rastlanmamıştır. Genelde nemliliğin yoğun olarak görüldüğü yıllar 1968 ve 1990 şeklinde, kuraklığın en yoğun görüldüğü dönem ise 1969 ve 1996 yılları olarak ifade edilebilir. Partal ve Yavuz (2020) çalışmalarında; Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki tüm istasyonları değerlendirdiklerinde SPI indisine göre 1960 ile 2015 yılları arası için Nemlilik sınıflandırmalarında artış eğilimi tespit etmişlerdir.

Ekim, Kasım ve Aralık aylarının SRI değerleri ortalama alınarak SRI-3 (Ekim) şeklinde gösterilmekte ve bu grafik üzerinde değerlendirme yapılırsa 1985 yılında Aşırı Kurak, 1992 ve 1995 yıllarında ise Şiddetli Kurak durum gözlemlenmiştir. Ayrıca 2006 yılında Aşırı Nemli, 1993 yılında ise Şiddetli Nemli dönem tespit edilmiştir. Ocak, Şubat, Mart aylarının ortalamasıyla bulunan SRI-3 (Ocak) periyodu içerisinde 1982 yılında Aşırı Kurak dönem oluşmuş, 1989 ve 2011 yıllarında Aşırı Nemli durum meydana gelmiştir. Nisan, Mayıs ve Haziran ayları için hesaplanan SRI-3 (Nisan) grafiğinde 1996 ve 2003 yıllarında Şiddetli Kuraklık dikkat çekerken, herhangi bir Aşırı Kurak dönem belirlenmemiş, 1989 yılında ise Aşırı Nemli dönem tespit edilmiştir. SRI-3 (Temmuz) döneminde ise Aşırı Kurak veya Nemli durum ortaya çıkmamış, ancak 1985, 1998 ve 2000 yıllarında Şiddetli Kuraklık etkili olmuş; 1988, 1992, 2002 ve 2009 yıllarında Şiddetli Nemli dönemler ortaya çıkmıştır.

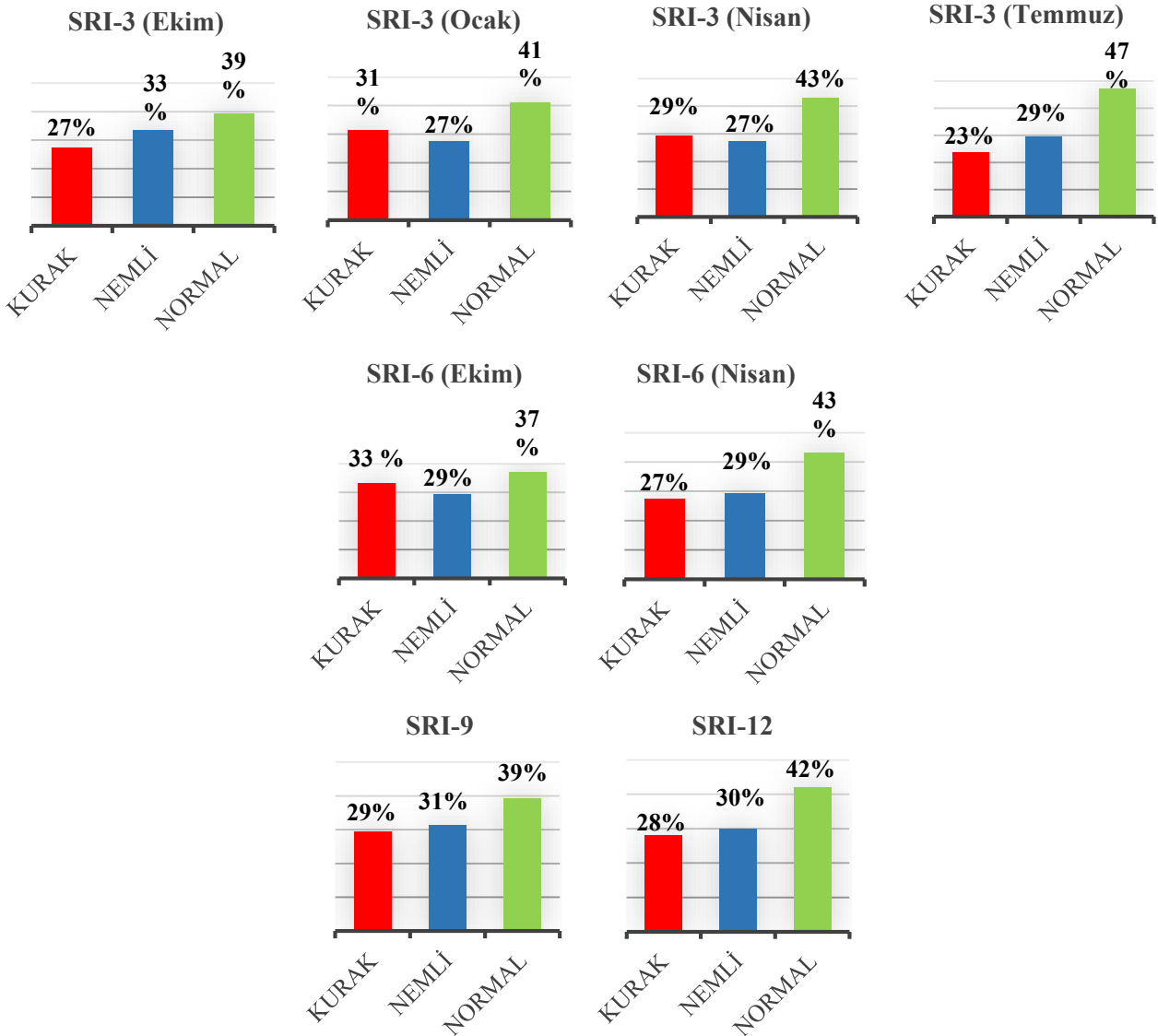
Bir su yılını iki dönemde inceleyen SRI-6 (Ekim) ve SRI-6 (Nisan) grafiklerinde Aşırı Kurak durum gözlenmemiş olup, SRI-6 (Ekim) değerlerinde 1985 yılı itibari ile Şiddetli Kuraklık meydana gelmiştir. SRI-6 (Nisan) periyodunda Aşırı Nemli durum 1990 yılında elde edilmiştir. SRI-9 ve SRI-12 grafiklerinde 1990 yılı içerisinde Aşırı Nemli durum gözlenirken; 2003 yılında ise Şiddetli Kuraklık tespit edilmiştir. Bu zaman periyodu için herhangi bir Aşırı Kurak durum gözlenmemiştir. Tüm zaman ölçekleri birlikte incelendiğinde 1990 yılı nemliliğin, 1996 yılı ise kuraklığın en yoğun görüldüğü dönemler olarak ifade edilebilir.

Kurak ve nemli dönemlerin geçmiş yıllardan günümüze kadar sayılarının tüm ölçekler için belirlenmesi amacı ile 1965-1979, 1980-1995, 1996-2011 ve 2012-2015 yıllarını kapsayan dört ayrı dönem incelenmiş ve sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Kuraklık sayılarının değişimi analiz edildiğinde; 1965-1979 dönemi ile 1996-2011 yıllarının birbirine yakın sayılarda olduğu gözlenmiştir. İlk 15 yıllık dönemden sonraki kuraklık sayılarında ve nemli yıllarda da bir artış görülmüştür ancak kurak dönem sayılarındaki artışın nemli yıllara kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Daha sonraları her bir SRI periyodu için kuraklık sayılarında azalma gözlemlenmiş, bununla birlikte nemlilik sayılarında daha yüksek bir artış meydana gelmiştir. Nemlilik sayısının 1965-2011 zaman aralığı boyunca artarak devam ettiği tespit edilmiştir. Ancak son zamanlarda

yaşanan küresel iklim değişikliği sebebiyle akım verilerinde azalan yönde trendlerin olması beklenmektedir (Çeribaşı ve Doğan, 2015). Tüm periyotlar açısından SRI değerlerinin 0.5'ten küçük olması Kurak dönemi, 0.5'ten büyük olması Nemli dönemi, -0.5 ile 0.5 aralığı ise Normal dönemi göstermektedir. Bu doğrultuda Şekil 4'teki grafikler elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Belirlenen zaman aralıkları için Kuraklık ve Nemlilik sayıları

|           | Kuraklık Sayıları |       |       |        | Nemlilik Sayıları |       |       |        |
|-----------|-------------------|-------|-------|--------|-------------------|-------|-------|--------|
|           | SRI-3             | SRI-6 | SRI-9 | SRI-12 | SRI-3             | SRI-6 | SRI-9 | SRI-12 |
| 1965-1979 | 50                | 51    | 53    | 57     | 53                | 49    | 48    | 47     |
| 1980-1995 | 58                | 59    | 64    | 65     | 54                | 54    | 50    | 49     |
| 1996-2011 | 52                | 50    | 51    | 56     | 76                | 68    | 67    | 68     |
| 2012-2015 | 19                | 15    | 14    | 14     | 9                 | 15    | 13    | 12     |



**Şekil 4.** Havzada AGİ'lerin SRI değerlerine göre dağılım yüzdeleri (%)

SRI-3 (Temmuz) grafiğindeki değerler en düşük seviyeli akım verilerine sahip dönem ile hesaplanmasına rağmen nemli durum yaklaşık %29, kurak durum ise %23 olarak elde edilmiştir. SRI-3 (Ocak) grafiğinde kurak dönem %31 ile nemli koşullara göre az bir farkla daha yüksek çıkmıştır. SRI-6 (Ekim)'de nemliliğin meydana gelme oranı %29 bulunurken, kuraklık %33 seviyelerinde gözlemlenmiştir. SRI-9'da nemli ve kurak dönem değerleri sırasıyla yaklaşık %31 ve %29'dur. SRI-12'de nemli dönem %30, kurak dönem ise %28 dolaylarında hesaplanmıştır. SRI değerleri için genel anlamda -0.5 ile 0.5 arasında yer alan normal dönemlerin daha sıklıkla gözlemlendiği söylenebilir. Buna ek olarak göz önüne alınan yılların çoğunda akım değerlerinin daha yüksek olduğu dönemleri içeren SRI-3 (Ocak) ve SRI-6 (Ekim) grafiklerinde kuraklığın daha fazla, buna karşın akım değerlerinin daha düşük seviyelerde görüldüğü dönemleri kapsayan SRI-3 (Temmuz) ve SRI-6 (Nisan) değerlerinde ise nemlilik sayısının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu koşullar yağış, kar erimesi, buharlaşma gibi hidrolojik parametrelerin etkisi ile değişkenlik gösterebilmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Global iklim değişikliği sonucu taşkın ve kuraklık gibi doğal afetlerin görülme sıklığı artmaya başlamıştır. Bu sorunların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için geçmiş gözlem verilerinden faydalanılarak analizlerin yapılması tahmin çalışmaları için ciddi katkılar sunabilecektir. Bu çalışmada son yıllarda debi miktarlarının önemli derecede azaldığı belirtilen Fırtına Deresi Havzası üzerinde konumlandırılmış 2232 nolu AGİ'nin 1965-1979, 1980-1995, 1996-2011 yıllar ve E22A067 nolu AGİ'nin 2012-2015 yıllar gözlenmiş akım verileri kullanılarak 3, 6, 9 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için nemlilik ve kuraklığın durumları araştırılmaya çalışılmıştır. Belirlenen sınıflandırma ölçütlerinde özellikle alt ve üst limit olan Aşırı Nemli ve Kurak dönemlerin, bunun yanı sıra da diğer orta limitlerin incelenen zaman periyotları için gerçekleştiği sayılar vurgulanmış, grafiklerle açıklanmıştır.

Çalışma sonucunda geçmişte ele alınan birçok su yılı açısından Aşırı Nemli ve Aşırı Kurak dönemlerin yaşandığı görülebilmektedir. SRI-3 zaman ölçeği için 1968-2011 yılları arasında yer yer Aşırı Nemlilik gözlemlenirken, 1967-1997 yılları arası Aşırı Kurak döneme denk gelmiştir. SRI-6 düşünüldüğünde sadece 1965-1979 yılları arası Aşırı Kurak seyretmiş, 1968-1993 yılları arasında ise çok seyrek Aşırı Nemli periyot fark edilmiştir. SRI-9 ve SRI-12'de Aşırı Nemli dönem sayıları kurak döneme nazaran daha fazladır. 2005-2013 yılları arası kuraklık daha nadir gözlenmiştir. SRI değerleri için genel anlamda -0.5 ile 0.5 sınır koşulları göz önüne alındığında normal dönemlerin daha çoğunlukta olduğu ifade edilebilir. Akım debilerinin daha fazla olduğu dönemleri içeren SRI-3 (Ocak) ve SRI-6 (Ekim)'de kuraklığın daha yüksek, aksine akım değerlerinin daha az seviyelerde olduğu periyotları kapsayan SRI-3 (Temmuz) ve SRI-6 (Nisan)'da nemli ay sayılarının daha fazla

olduğu görülebilmektedir. 2012-2015 gibi kısa zaman aralığı söz konusu olsa dahi son zamanlarda nemliliğe göre kurak dönemlerin sayısında artış görülebilmektedir. Şen (2015)'in ifade ettiği şekilde nemli bölgeler için kuraklık durumunun, kuraklığı yaşayan yerlere göre daha ciddi tehlikeler oluşturabileceği değerlendirildiğinde ileriki dönemlerde olası problemlerin baş gösterme ihtimali bulunmaktadır. Dolayısıyla farklı akım indeksleri ile yapılabilecek çalışmalar ve gelecekteki tahminleri ele alacak modellemeler önlemler noktasında ışık tutabilecek bilgiler sağlayabilecektir.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Kaynaklar**

- Akar, Ö., Oğuz, İ., Yürekli, K. (2015). İkikara Havzası'nın kurak ve ıslak dönemlerinin bazı kuraklık indisleri yardımıyla karşılaştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 7-13.
- Akçay, F., (2018). *Doğu Karadeniz Havzası aylık ve yıllık ortalama akımlarının eğilim (trend) analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çeribaşı, G., ve Doğan, E., (2015). Trend analizi yöntemi kullanılarak Batı ve Doğu Karadeniz ile Sakarya Havzası akım miktarlarının değerlendirilmesi. *SDU International Technologic Science*, 7(2), 1-12.
- Devlet Su İşleri (DSİ), (2015). *Akım gözlem yıllıkları (1959-2015)*, Ankara.
- Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ). *Akım gözlem yıllıkları (1935-2011)*, Ankara.
- Güney, Ş.C., Akyüz, İ., ve Yılmaz, M.F., (2008, Ağustos). Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzalarının hidrolojik verilerinde Kuzey Atlantik salınımının sinyallerinin aranması. *Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı*, DSİ, Trabzon.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., ve Kleist, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *8th Conference on Applied Climatology*, Am. Meteorol. Soc. Boston, 179–184.
- Nalbantis, I., (2008). Evaluation of a hydrological drought index. *European Water*, 23/24: 67-77.
- Okkan, U., ve Altun, H., (2019, Kasım). Susurluk Havzası akımlarının hidrolojik kuraklık analizinde Standardize Akım İndeksi ve paylaştırılmış entropi yöntemlerinin kıyaslanması. *4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences, SETSCI Conference Proceedings*, Samsun, 4(6), 329-335.
- Partal, T., ve Yavuz, E., (2020). Batı Karadeniz bölgesinde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2): 345-353, <http://dx.doi.org/10.21324/dacd.643161>
- Pathak, A. A., ve Channaveerappa, B.M.D., (2016). Comparison of two hydrological drought indices. *Perspectives in Science*, 8, 626-628.

- Shukla, S., ve Wood, A.W., (2008). Use of a Standardized Runoff Index for characterizing hydrologic drought. *Geophys. Res. Lett.*, 35.
- Şan, M., Kankal, M., Bayram, A., ve Nacar, S., (2019, Haziran). Doğu Karadeniz Havzası'nda yağış ve kuraklığın eğilim analizi. *ISTE-CE'2019- International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering*, İskenderun, Hatay, 670-681.
- Şen, Z., (2015). *Preface*, In Z. Şen (Ed.), *Applied Drought Modeling, Prediction, and Mitigation*, Boston: Elsevier, 9-11.
- Şişman, E., (2019). Su talep seviyesine göre kurak veya sulak dönem analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (DÜMF) Mühendislik Dergisi*, 10(1), 301-310.
- Tuna, H., Malkoç, F., ve Yılmaz, Ö., (2009, Kasım). Çoruh Havzası'nda SPI ile kuraklık analizi ve çevresel etkileri. *Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri*, Forum, Trabzon, 114-129.
- Turhan, E., Özmen-Çağatay, H., ve Çetin, A., (2016a). Yapay sinir ağı yöntemleri ile Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası yağış-akış ilişkisinin modellenmesi ve yağışlı-kurak dönemler açısından irdelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 227-241.
- Turhan, E., Özdil, N.F., Tantekin, A., (2016b, Ekim). Hidrolojik kuraklık ve enerji verimliliği ilişkisinin pompaj depolamalı hidroelektrik santraller (PDHES) konusu bağlamında değerlendirilmesi: Adana örneği. *International Energy&Engineering Conference, UEMK Proceedings*, Gaziantep, 143-158.
- Turhan, E., Keleş, M.K., Tantekin, A. ve Keleş, A.E., (2019). The investigation of the applicability of data-driven techniques in hydrological modeling: The case of Seyhan Basin. *Rocznik Ochrona Srodowiska*, 21, 29-51.
- Yaltı, S., ve Aksu, H., (2019). Drought analysis of Iğdır Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12): 2227-2232, <http://dx.doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2227-2232.3004>
- Yüksek, T., Özçelik, A.E., ve Verep, B., (2020). Fırtına Havzası'nın bazı havza karakteristikleri ile arazilerin fizyografik özelliklere göre dağılımlarının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 5(3), 439-449.

## Büyükbaş Hayvan Atıkları ile Meyve Sebze Atıklarının Kompostlaştırılması Üzerine Nem İçeriğinin Etkisi

Yasemin BAYINDIR<sup>1</sup>, Nurdan Gamze TURAN<sup>2\*</sup>

### Öz

Hayvan atıkları, birçok ürün için geleneksel bir besin kaynağıdır. Bununla birlikte, yüksek amonyak içeriği ve patojenler nedeniyle, doğrudan toprağa uygulandığında bitkiler açısından zararlı olabilmektedir. Kompostlaştırma, son yıllarda hayvan atıklarını yönetmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompostlanmış hayvan atıkları, ürüne ve toprağa birçok fayda sağlamaktadır. Saf hayvan atıkları, uygun şekilde kompostlaştırma için genellikle çok yüksek azot ve nem içeriğine sahiptir. Bu nedenle karbon/azot oranını ve nem içeriğini dengelemek için saman, odun kalıntısı veya yaprak gibi diğer organik maddelerle karıştırılabilmektedir. Bu çalışmada, büyükbaş hayvan atığı ile meyve ve sebze atıklarının birlikte kompostlaştırılmasında nem içeriğinin etkisi araştırılmıştır. Kentsel katı atıklara %10, %25 ve %40 oranlarında büyükbaş hayvan atığı ilave edilmiştir. 100 gün boyunca sıcaklık, pH ve nem içeriği parametreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, büyükbaş hayvan atıklarının meyve sebze atıkları ile kompostlaştırıldığında nem içeriğinin dengelendiğini, kompostlaştırma için gerekli yüksek termofilik sıcaklık derecelerinin sağlandığını ve optimal pH aralığına ulaşıldığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hayvan atıkları, Büyükbaş hayvan atığı, Kompostlaştırma, Birlikte kompostlaştırma, Meyve sebze atıkları.

## Effect of Moisture Content on the Composting Process of Cattle Manure and Fresh Food Waste

### Abstract

Animal manure is a traditional source of nutrients for many crops. However, its high ammonia levels and pathogens can damage plants when the fresh manure is directly applied on soil. Composting has commonly used to manage animal manure in recent years. Composted animal manure can provide numerous benefits to the crop and soil. Pure manure is frequently too high in nitrogen and moisture content to be properly composted. Therefore, manure can be mixed with other organics such as straw, wood residue, or leaves to balance the carbon to nitrogen ratio and moisture content. In this study, the effect of moisture content on the co-composting of cattle manure and fresh food waste was investigated. Cattle manure was added to fresh food wastes at the rates of 10%, 25% and 40%. The parameters of temperature, pH and moisture content were examined for 100 days. The results showed that when cattle manure are composted with fresh food wastes, the moisture content is balanced, the high thermophilic temperatures required for composting are provided and the optimal pH range is reached.

**Keywords:** Animal manure, Cattle manure, Composting, Co-composting, Fresh food wastes.

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, gturan@omu.edu.tr

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, yaseminbyndr94@gmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9830-2688>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-6500-6188>

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla artması ve teknolojik alandaki gelişmeler sonucu katı atıklar gün geçtikçe artmakta ve insan ve çevre sağlığı üzerinde büyük bir risk oluşturmaktadır. Doğal kaynakların hızla tüketilmesinin önüne geçilmesi ve üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri, tüm dünyada giderek öncelikli bir politika hedefi olarak benimsenen “sürdürülebilir kalkınma” yaklaşımının temelini oluşturmaktadır.

Hayvancılık, gelişmişlik durumu ne olursa olsun tüm ülkeler için büyük önem arz etmektedir. Hayvancılık bir taraftan tarımsal işletmelere düzenli gelir sağlarken, diğer taraftan çeşitli sanayi kollarının hammadde ihtiyacını sağlayan önemli bir üretim dalıdır (DPT, 2001). Hayvancılık sektörü, büyükbaş hayvancılığı, küçükbaş hayvancılığı ve kanatlı hayvancılığı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda, süt ve kırmızı et ihtiyacının yaklaşık %90'ının sağlandığı büyükbaş hayvan yetiştiriciliği büyük bir öneme sahiptir (KB, 2018). Türkiye’de büyükbaş hayvan sayısı 2020’de bir önceki yıla göre yüzde 1,6 artarak 18 milyon 158 bin olarak belirlenmiştir (TUIK, 2020). Bir büyükbaş hayvan yılda 11338-24490 kg (31-67 kg/gün) atık üretmektedir (Sims ve Maguire, 2005). Buna göre ülkemizde günde yaklaşık 563 bin ton ile bir milyon 217 bin ton arasında büyükbaş hayvan atığı oluşmaktadır.

Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan ve “*İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği*” kapsamında değerlendirilemeyen hayvan dışkılarının atık olarak yönetilmesi gerekmektedir. 02.04.2015 tarihli ve 29314 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği EK-4 atık listesinde; hayvan dışkıları, 02 01 06 atık kodu ile verilmekte ve ayrı toplanmış ve saha dışında işlem görecektir hayvan pislikleri, idrar ve tezek (pisletilmiş saman dahil), akan sıvılar olarak tanımlanmaktadır. Bu tür atıkların, çevre mevzuatı çerçevesinde “*Kompost Tebliği*”, “*Mekanik Ayırma, Biyokurutma, Biyometanizasyon ile Fermente Ürün Yönetimi Tebliği*” veya “*Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik*” çerçevesinde bertarafının sağlanması gerekmektedir. Hayvan dışkılarının “*Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik*” te tanımlanan yakma tesisleri haricindeki yakma kazanlarında veya yakma fırınlarında yakılması veya “*Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik*” te tanımlanan düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmesi uygun bulunmamaktadır (ÇSB, 2020).

Hayvan atıklarının yönetiminde kompostlaştırma en etkin yöntemlerden birisidir. Kompostlaştırma, organik atıkların aerobik koşullar altında kompost adı verilen humusa benzer bir ürün haline dönüştürüldüğü biyokimyasal bir süreçtir. Hayvan atıklarının kompostlaştırılması düşük üretim maliyeti, toprak yapısını düzenleme ve ürün verimini artırma gibi avantajlara sahiptir (Nyamangara ve ark., 2001; Materecheraand ve Salagae, 2002). Diğer yandan, saf hayvan atıkları ve



sentetik gübrelere kıyasla, yeraltı ve yüzey sularına nütrient kayıplarını azaltmakta ve toprağın azot seviyesini dengelemektedir (Hepperly ve ark., 2009).

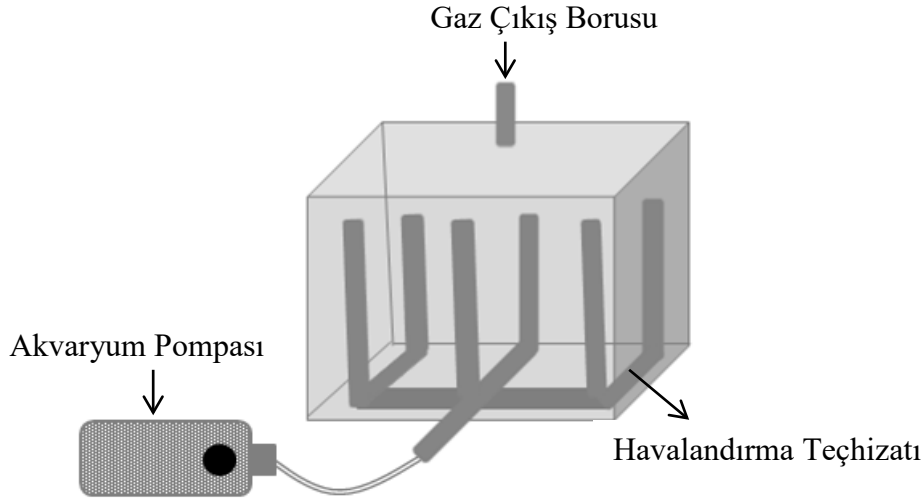
Hayvan atıkları ve kentsel katı atıklar kompostlaştırma için uygun atıklar olmasına rağmen, yüksek azot ve nem içeriği nedeniyle katkısız kompostlaştırılmasında sorunlar yaşanmaktadır. Bu nedenle saman, odun kalıntısı veya yaprak gibi diğer organik maddelerle karıştırılabilmektedir. Kullanılan katkı maddeleri ortamın karbon/azot oranını ve nem içeriğini dengelemektedir (Haug, 1993).

Bu çalışmada, büyükbaş hayvan atıkları ile kentsel katı atıkların birlikte kompostlaştırılabilirliğinde nem içeriğinin etkisi incelenmiştir. Farklı oranlarda karışımlar oluşturulmuş ve kapalı sistemde kompostlaştırma uygulanmıştır. Proses süresince nem içeriği, sıcaklık ve pH incelenmiş ve 05.03.2015 tarih ve 29286 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Kompost Kalite Tebliği*”ne göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar sadece hayvan atıkları ve sadece kentsel katı atıkların kompostlaştırıldığı sistemlerle karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, büyükbaş hayvan atıkları Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi hayvan çiftliğinden, meyve sebze atıkları da Samsun ilinde meyve ve sebze halinden temin edilmiştir. Atık örnekleri 10 L’lik plastik kaplarla alınmış ve 4 saati aşmayan sürede sistemlere yerleştirilmiştir. Çalışma, Mayıs-Ağustos 2019 tarihleri arasında laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.

Pilot kompostlaştırma sistemleri kapalı reaktör tarzında tasarlanmıştır. Pilot reaktör, kompost oluşumunun devamlı izlenmesi için şeffaf plastikten imal edilmiştir. Reaktörün hacmi 30 L olup ölçüleri 40 cm x 30 cm x 25 cm (en x boy x yükseklik) şeklindedir. Tabandan 5 cm yükseklikte, 2 cm çaplı PVC borudan yatayda ve düşeyde tarak şeklinde havalandırma teçhizatı döşenmiştir. Akvaryum pompasına bağlantısı olan ana boru dışındaki tüm borularda 3 mm çapında çaprazlama delikler açılmıştır. Akvaryum pompasının kapasitesi tüm sistemlerde aynı olup, kompostlaştırma prosesi süresince 10 L/dak. olarak çalıştırılmıştır. Gaz çıkışı ve sıcaklık ölçümü için kapak kısmında birer baca oluşturulmuştur. Deneylerde kullanılan kompostlaştırma sisteminin şematik görünümü Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Pilot kompostlaştırma reaktörünün şematik görünümü

Numune alma periyodu, haftada bir kez olarak gerçekleştirilmiş ve 100 gün (15 hafta) boyunca devam etmiştir. Çalışmada 5 farklı materyal oranı ile kompostlaştırma denemesi gerçekleştirilmiştir. Materyal oranları Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Kompost denemelerinde kullanılan materyal oranları

| Set No | Karışım Oranı                                     |
|--------|---|
| Set 1  | %10 Büyükbaş Hayvan Atığı + %90 Kentsel Katı Atık |
| Set 2  | %25 Büyükbaş Hayvan Atığı + %75 Kentsel Katı Atık |
| Set 3  | %40 Büyükbaş Hayvan Atığı + %60 Kentsel Katı Atık |
| Set 4  | %100 Büyükbaş Hayvan Atığı                        |
| Set 5  | %100 Kentsel Katı Atık                            |

Alınan kompost numunelerinde, sıcaklık, pH ve nem içeriği ölçümleri yapılmıştır. pH ve nem içeriği analizleri, orijinal atık numunesi ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kompost için standart yöntemler kullanılmıştır (FCQAO, 1994). pH analizi için, 1:10 (w:v) oranında kompost ve saf su karışımı hazırlanarak mekanik çalkalayıcıda 180 dev/dk ile 1 saat çalkalanmıştır. Çalkalama sonunda pH ölçümü, Mettler Toledo-MP220 marka pH metre ile yapılmıştır. Nem içeriği, numunelerin etüvde 105 °C’de 24 saat bekletildikten sonra meydana gelen ağırlık kaybından aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Nem İçeriği (\%)} = (A-B)/A \times 100$$

Burada;

A: Numunenin kurutulmadan önceki ağırlığı

B: Numunenin kurutulduktan sonraki ağırlığı

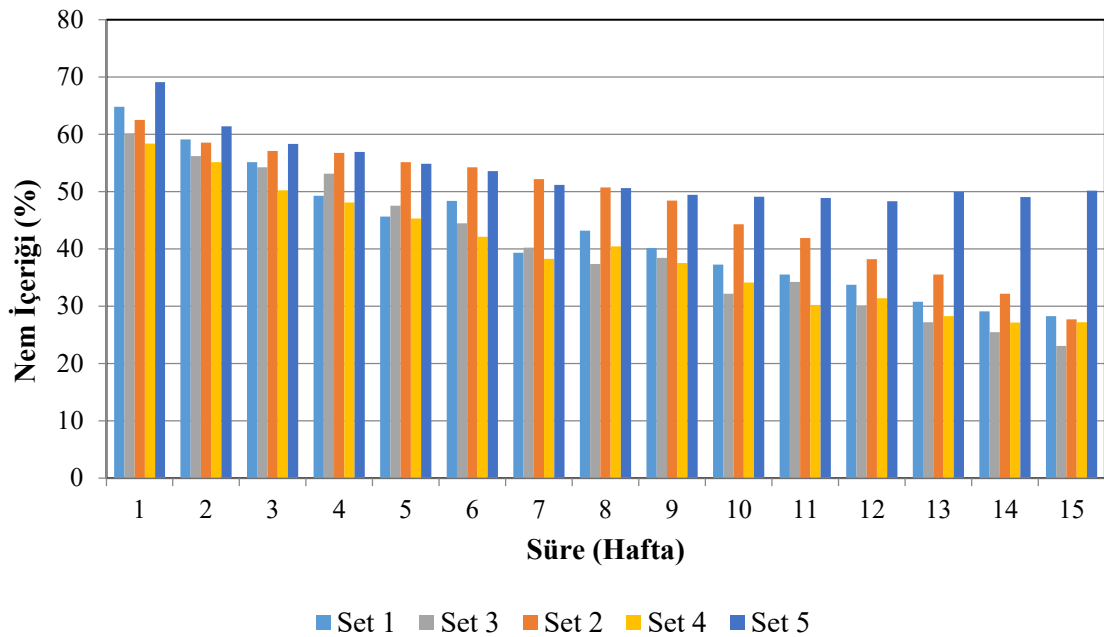
Deneyde, nem içeriğinin tayininde kullanılan etüv Nüve-FN400 markadır. Sıcaklık ölçümü için ise Loyka-9263 digital çubuk termometre kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Kompostlaştırma prosesinde nem içeriği mikroorganizmaların metabolik faaliyetlerinde ihtiyaç duydukları çözülmüş besinlerin taşınması için ortam oluşturduğundan önemli bir parametredir. Nem içeriği mikrobiyolojik faaliyetleri, sıcaklığı ve ayrışma hızını etkilemektedir (Bernal ve ark., 2009). Kompostlaştırma prosesinin etkin bir şekilde devam ettirilmesi için nem içeriğinin %50-60 arasında olması gerekmektedir (Epstein, 2011). Düşük nem içeriği değerleri, mikrobiyolojik etkinliği büyük miktarda düşürür. Diğer taraftan nem içeriğinin fazla olması komposttaki hava boşluklarının su ile dolarak ortamın anaerobik duruma gelmesine ve besin kayıplarına sebep olur. Kompostlaştırma prosesi süresince nem içeriğinin değişimi Şekil 2’de verilmiştir. Kompostlaştırma prosesi başlangıcında, %100 büyükbaş hayvan atığı içeren Set 4’te ve büyükbaş hayvan atığı ile kentsel katı atık karışımlarından oluşan Set 1, Set 2 ve Set 3’te proses başlangıcında nem içeriği değerleri optimum aralığın üzerinde yer almıştır. Nem içeriği değeri %100 meyve ve sebze atıklarını içeren kentsel katı atıkların yer aldığı Set 5’te ise yaklaşık %70 olarak belirlenmiştir. Nem içeriği değerleri, organik maddenin parçalanması ve oluşan ısı sonucu buharlaşma ile proses süresince azalma göstermiştir. Proses sonunda nem içeriği değerleri, %10 büyükbaş hayvan atığı ve %90 kentsel katı atık içeren Set 1’de, %25 büyükbaş hayvan atığı ve %75 kentsel katı atık içeren Set 2’de, %40 büyükbaş hayvan atığı ve %60 kentsel katı atık içeren Set 3’te ve %100 büyükbaş hayvan atığı içeren Set 4’te %20-30 arasında bulunmuştur. %100 kentsel katı atık içeren Set 5’te ise %50 olarak ölçülmüştür. Kompost Tebliği’nin Ek-2 “Kompost Kalite Parametreleri” bölümünde kaliteli bir kompost üretimini sağlamak için kompostun nem içeriği değerinin %30’dan küçük olması gerektiği belirtilmektedir. Buna göre, %10 büyükbaş hayvan atığı ve %90 kentsel katı atık içeren Set 1’de, %25 büyükbaş hayvan atığı ve %75 kentsel katı atık içeren Set 2’de; %40 büyükbaş hayvan atığı ve %60 kentsel katı atık içeren Set 3’te ve %100 büyükbaş hayvan atığı içeren Set 4’te üretilen kompostların nem içeriği değerleri kompost kalite kriterleri açısından uygunken; %100 kentsel katı atık içeren Set 5’te üretilen kompostların nem içeriği değerleri kompost kalite kriterleri açısından uygun değildir.

Kentsel katı atıkların yüksek nem içeriği, kompostlaştırma prosesi süresince sıcaklık değişimini de önemli ölçüde etkilemiştir. Tüm sistemlerde sıcaklık değerleri ilk 3 hafta boyunca artış göstermiş, sonrasında ise azalan bir eğri sergilemiştir. 7. haftadan sonra sıcaklık değerlerinde önemli değişim gözlenmemiştir. Kompost Tebliği’nin 11. maddesi 5. bendinde

hayvansal atık kullanılması durumunda, kompostlaştırma ünitesinde 70 °C sıcaklığın en az 1 saat boyunca kesintisiz olarak sağlanması gerektiği belirtilmektedir. Maksimum sıcaklık değerleri, %10 büyükbaş hayvan atığı ve %90 kentsel katı atık içeren Set 1’de; %25 büyükbaş hayvan atığı ve %75 kentsel katı atık içeren Set 2’de ve %40 büyükbaş hayvan atığı ve %60 kentsel katı atık içeren Set 3’te 60-70 °C olarak ölçülmüştür. Büyükbaş hayvan atığı ve kentsel katı atık karışımı ile gerçekleştirilen her üç sette de Kompost Tebliği’nde öngörülen sıcaklık derecelerine tam olarak ulaşılammıştır. %100 büyükbaş hayvan atığı içeren Set 4’te ve %100 kentsel katı atık içeren Set 5’te ise maksimum sıcaklık değerleri 50 °C’nin altında gözlenmiştir. Gerek sadece kentsel katı atıkların, gerekse sadece büyükbaş hayvan atıklarının kompostlaştırıldığı setlerde mikrobiyal aktivite ile organik maddelerin parçalanması sonucu beklenen ısı artışının, istenilen oran ve sürede gerçekleşmemiş olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, %100 büyükbaş hayvan atığı içeren setteki porozitenin daha düşük olmasından ve %100 kentsel katı atık içeren setteki yüksek nem içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu setlerde, partiküller arası boşluklar su ile dolarak ısınmayı engellemiştir.



Şekil 2. Kompostlaştırma prosesi süresince nem içeriğinin değişimi

Kompostlaştırma prosesinde pH önemli bir parametredir. Yüksek pH değerleri ortamdan azot kaybına ve koku problemine neden olmaktadır. Tüm sistemlerde pH değerleri sıcaklığın pik yaptığı 3. haftaya kadar hızlı bir azalma göstermiştir. Bu azalmaların, organik maddenin ilk haftalarda hızla parçalanarak CO<sub>2</sub> ve organik asit oluşturmasından dolayı meydana geldiği belirtilmektedir. pH değeri, 3. haftadan sonra tüm sistemlerde artış göstermiştir. 9. haftadan sonraki pH değişimleri ise önemli salınımlar göstermemiştir. Kompostlaştırma proseslerinde, pH

8,5'dan büyük olduğunda azot bileşikleri amonyağa dönüşmektedir. pH'nın 8'den küçük olmasının amonyak oluşumunu azalttığı belirtilmektedir (Öztürk, 2017). Kompostlaştırma prosesi sonunda %100 büyükbaş hayvan atığı içeren Set 4'te ve %100 kentsel katı atık içeren Set 5'te pH değerleri 8'in üzerinde bulunmuştur. pH değerleri, %10 büyükbaş hayvan atığı ve %90 kentsel katı atık içeren Set 1'de, %25 büyükbaş hayvan ve %75 kentsel katı atık içeren Set 2'de ve %40 büyükbaş hayvan atığı ve %60 kentsel katı atık içeren Set 3'te 6-7 arasında belirlenmiştir. Atıkların yüksek nem içeriğinin pH değişimi üzerine de etkili olduğu görülmektedir. Kompost Tebliği'nin Ek-2 "Kompost Kalite Parametreleri" bölümünde kaliteli bir kompost üretimini sağlamak için pH değerinin 5.5-8.5 arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Buna göre, %100 büyükbaş hayvan atığı içeren Set 4'te ve %100 kentsel katı atık içeren Set 5'te pH değeri oldukça yüksek bulunmuştur. %10 büyükbaş hayvan atığı ve %90 kentsel katı atık içeren Set 1'de; %25 büyükbaş hayvan atığı ve %75 kentsel katı atık içeren Set 2'de ve %40 büyükbaş hayvan atığı ve %60 kentsel katı atık içeren Set 3'te proses sonunda üretilen kompost pH değerleri kompost kalite kriterleri açısından uygundur.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, büyükbaş hayvan atıklarının meyve ve sebze atıkları ile kompostlaştırılması üzerine nem içeriğinin etkisi incelenmiştir. Kentsel katı atıklara %10, %25 ve %40 oranlarında büyükbaş hayvan atığı ilave edilmiştir. Kompostlaştırma prosesi süresince sıcaklık, pH ve nem içeriği parametreleri incelenmiştir. Aynı koşullarda sadece kentsel katı atık ve sadece büyükbaş hayvan atığı da kompostlaştırmaya tabi tutulmuş ve veriler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, gerek %100 oranında kentsel katı atıkların, gerekse %100 oranında büyükbaş hayvan atıklarının kompostlaştırılması ile elde edilen kompostların 05.03.2015 tarih ve 29286 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kompost Tebliği'nde verilen kalite kriterlerini karşılamadığı görülmüştür. Kentsel katı atıklarla büyükbaş hayvan atıklarının birlikte kompostlaştırılması ile elde edilen kompostun özelliklerine bakıldığında, sıcaklık dışındaki tüm kalite kriterlerinin sağlandığı belirlenmiştir. Sıcaklık değerleri, tebliğde öngörülen sıcaklık derecelerine ulaşmamakla birlikte, oldukça yakındır. Sonuç olarak, büyükbaş hayvan atıkları ile kentsel katı atıkların birlikte kompostlaştırılabileceği ve birlikte kompostlaştırmanın kompost kalitesini arttırdığı gözlenmiştir. Kompostlaştırma bu tür atıkların bertarafında çevresel ve ekonomik kazançlar sağlanmasına yardımcı olacaktır.

## Yazarların Katkısı

Makale, Yasemin Bayındır'ın Yüksek Lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Prof. Dr. Nurdan Gamze Turan ise tez danışmanı olup, tez çalışmasını yönetmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

- Bernal, M.P., Albuquerque, J.A., Moral, R., 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Rev. Bioresour. Technol.* 100 (22), 5444-5453.
- ÇSB, 2020. Hayvansal Atık Yönetimi. Retrieved from <https://bartin.csb.gov.tr/hayvansal-atik-yonetimi-haber-64223>
- DPT, 2001. Hayvancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001.
- Epstein, E., 2011. *Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management*, CRC Taylor & Francis Group Press, Boca Raton.
- FCQAO, 1994. *Methods Book for Analysis of Compost*, Federal Compost Quality Assurance Organisation, Stuttgart, Germany.
- Haug, R.T., 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers, Boca Raton.
- Hepperly, P., Lotter, D., Ulsh, C.Z., Reider, C., 2009. Compost, manure and synthetic fertilizer influences crop yields, soil properties, nitrate leaching and crop nutri-ent content. *Compost Science & Utilization*, 17, 117-126.
- KB, 2018. Tarım ve Gıdada Rekabetçi Üretim, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- Materechera, S.A., Salagae, A.M., 2002. Use of partial decomposed cattle and chicken amended with wood-ash in two South African arable soils with contrasting texture: effect on nutrient uptake, early growth and dry matter yield of maize. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, 33, 179-201.
- Nyamangara, J., Gotosa, J., Mporfu, S.E., 2001. Cattle manure effect on structural stability and water relation capacity of granitic soil in Zimbabwe. *Soil Tillage Research*, 62, 157-162.
- Öztürk, M. Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi
- Öztürk, M., 2017. Hayvan Gübresinden ve Atıklardan Kompost Üretimi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Sims, J.T., Maguire, R.O., 2005. Manure Management, *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Ed. D. Hillel, Elsevier Ltd, 402-410.
- TUIK, 2020. Hayvansal Üretim İstatistikleri, Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Aralik-2020-37207>,

## **Investigation Of Some Optical And Electrical Properties Of InSe Thin Film, a Window Layer for Photovoltaic Cell Growth on Glass/GaSe Substrate by M-CBD Method**

Fatih ÜNAL<sup>1\*</sup>

### **Abstract**

The InSe thin film was successfully grown on a glass/GaSe substrate using the modified chemical bath deposition (M-CBD) method and a group was annealed one hour at 80 °C in atmospheric conditions. The energy band gap ( $E_g$ ) values of the as-deposited and annealed films were defined 1,89 eV and 1,15 eV, respectively. The transmittance values (%) of the as-deposited and annealed films were assigned %0,65, %4,46 and %11,02, %10,35 at 400 and 700 nm, respectively. The I-V characteristics of the device at different temperatures was examined, the resistivity decreased and the conductivity increased with the increasing temperature. The activation energy in low temperature region was defined 0,05 eV, while it was defined 0.6 eV in high temperature region.

**Keywords:** InSe, GaSe, M-CBD, Thin film.

## **Fotovoltaik Hücrelerde Pencere Tabakası Olarak Kullanılan InSe İnce Filminin Cam/GaSe Alt Tabanı Üzerine M-CBD Yöntemiyle Büyütülmesi ve Bazı Optiksel ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi**

### **Öz**

InSe ince filmi başarılı bir şekilde cam/GaSe alt tabanı üzerine modifiye edilmiş kimyasal banyo depolama (M-CBD) yöntemiyle büyütülmüştür ve üretilen filmlerin bir gurubu atmosfer ortamında bir saat 80 °C'de tavlammıştır. Üretilen ve tavlanan filmlerin enerji band aralıkları sırasıyla 1,89 eV, 1,15 eV olarak belirlenmiştir. Üretilen ve tavlanan filmlerin 400-700 nm'de yüzde geçirgenlik değerleri sırasıyla %0,65, %4,46 ve %11,02, %10,35 olduğu görülmüştür. Farklı sıcaklıklarda ölçülen I-V krakterizasyonlarında sıcaklığın artmasıyla özdirençin azaldığı, iletkenliğin arttığı görülmüştür. Düşük sıcaklık bölgesinde aktivasyon enerjisi 0,05 eV iken, yüksek sıcaklık bölgesinde 0,6 eV olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** InSe, GaSe, M-CBD, İnce film.

<sup>1</sup>Giresun University, Central Research Laboratory Application And Research Center, Giresun, Türkiye, fatih.unal@giresun.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6155-7051>

## 1. Introduction

$\text{In}_x\text{Se}_y$  compound can be formed different atomic combination and phases like InSe,  $\text{In}_6\text{Se}_7$ ,  $\text{In}_4\text{Se}_3$ ,  $\text{In}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{In}_9\text{Se}_{11}$ , etc. have been confirmed as attracting inorganic semiconductors during past few decades (Igasaki and Fujiwara 1996, Camara, Mauger et al. 2002, Camara, Mauger et al. 2002, Gopal, Viswanathan et al. 2004). Indium selenite ( $\text{In}_x\text{Se}_y$ ) belong to A<sup>III</sup>-B<sup>VI</sup> group contains a layered structure similar to the GaS and GaSe compounds. This structure is bounded in two dimensions by covalent bonds and by Van der Waals forces in three dimensions (Choi and Yu 2003). Indium selenite, which can exhibit n-type, has direct band gap (Pathan, Kulkarni et al. 2005). They are of particular interest to researchers because of their remarkable optical and photophysical properties that are promising for capacitors, solar cells, field effect transistors, photovoltaics and a variety of nanoelectronic applications (Mudd, Svatek et al. 2013, Han, Chen et al. 2014, Yuksek, Yaglioglu et al. 2014, Ho and Chu 2015, Boukhvalov, Gurbulak et al. 2017, Politano, Campi et al. 2017, Zhou, Shi et al. 2018). It has been widely researched for its application especially in photovoltaic device fabrication (Gopal, Viswanathan et al. 2005).  $\text{In}_x\text{Se}_y$  has been used either as a windows layer (El-Sayed 2003) in CIS/ $\text{In}_x\text{Se}_y$  as well as an absorber layer (Julien, Chevy et al. 1990) in  $\text{In}_x\text{Se}_y/\text{CdS}$  solar cell. There are number of deposition techniques such as flash evaporation (Julien, Benramdane et al. 1990), molecular beam epitaxy (Zhou, Shi et al. 2018), chemical vapor deposition (Jin-Ho Park, Mohammad Afzaal et al. 2003), van der Waals epitaxy (Lang, Klein et al. 1995) and vacuum evaporation (Gopal, Viswanathan et al. 2005) for preparation of  $\text{In}_x\text{Se}_y$  thin films. However, the modified chemical bath deposition (M-CBD) method is a simple, low temperature and inexpensive technique that could fabricate films with high quality for device applications such as heterojunction devices, switching etc. (Lokhande and Pawar 1989).

In this study, we have coated the InSe semiconductor on glass/GaSe thin film substrate for M-CBD method and examined its optical and electrical properties. It is aimed to synthesize glass/GaSe/InSe heterojunction at low cost, examine their optical and electrical properties, and as a result, to present them as an alternative material that can be used in the construction of opto-electronic circuit elements.

## 2. Material and Methods

InSe thin films were deposited at room temperature on glass/GaSe(hexagonal) thin film substrate of 3x3 cm dimensions by M-CBD method. For cationic solutions, acidic (pH $\approx$ 3)  $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$  solutions of 0.07 M concentrations were used while for anionic ones, basic (pH $\approx$ 12)  $\text{Na}_2\text{SeSO}_3$  solution of 0.05 M was used.



The glass/GaSe substrates were 60 times immersed in  $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$  precursor solution for 30 seconds, in distilled water for 70 seconds, in  $\text{Na}_2\text{SeSO}_3$  precursor solution for 10 seconds and distilled water for 70 seconds respectively. The two of the fabricated films were also annealed at 80 °C temperatures in air atmosphere for one hour.

Optical properties were investigated by Perkin-Elmer Lambda 25 UV-Vis spectrophotometer. The I-V measurements were carried out with Keithley 6486 pico-amperometer and Pasco Scientific SF-9585 A power source using two probe technique in which silver metal was used for contacts.

### 3. Findings and Discussion

#### 3.1 Optical Properties

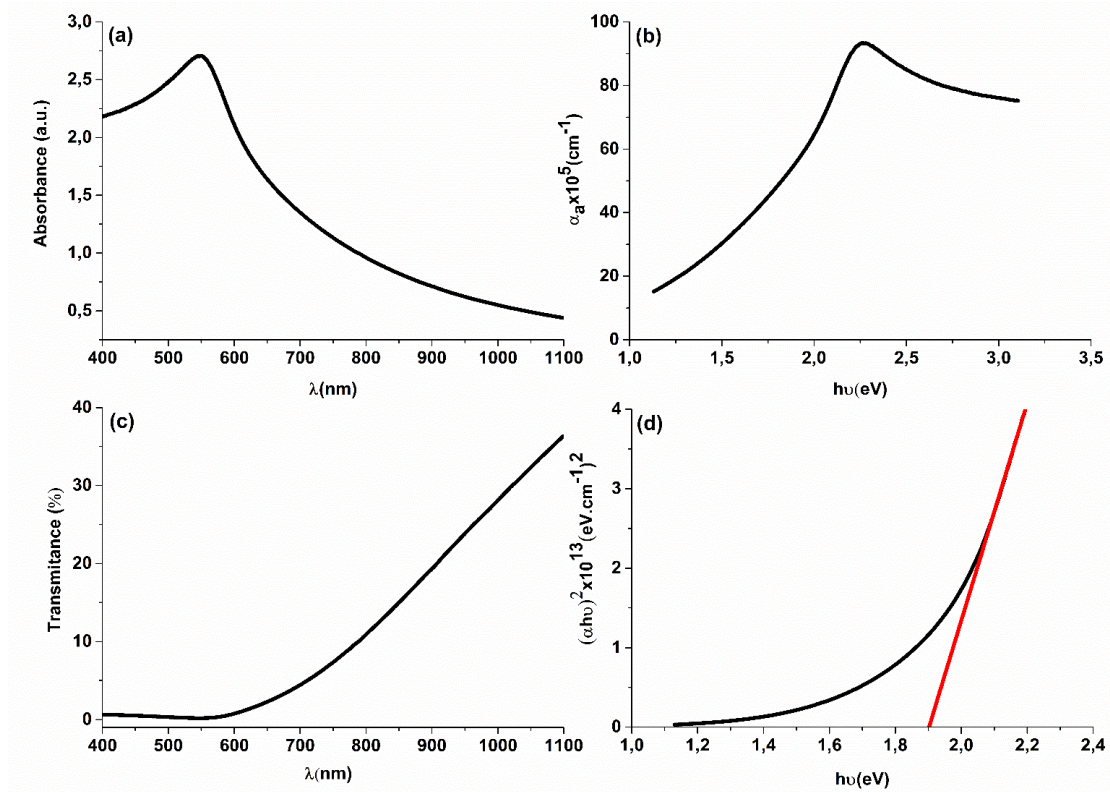
The thickness of InSe thin film growth on glass/GaSe substrate in 60 steps was estimated to be 90 nm.

The optical absorbance and transmittance spectra against wavelength in the range 400 – 1100 nm at room temperature for glass/GaSe/InSe film is shown in Figure 1a and c, respectively. The graph of the absorption coefficient ( $\alpha_a$ ) versus photon energy is given in Figure 1b. The highest value of  $\alpha_a$  is  $9,3 \times 10^6$  at 2,26 eV. As seen in Figure 1 a, the maximum absorption peak is 547 nm in the UV region and the absorption decreases with increasing wavelength. This behavior is a characteristic feature of existence of states with free carries that localized in the energy band gap (ÜNAL, İZGİ et al. 2020). Figure 1 c also plotted wavelength versus percent transmittance. Glass/GaSe/InSe thin film is highly transmittance at wavelengths greater than 700 nm but the transmittance value at 400 and 700 nm is %0.65, %4.46, respectively. These values are very low and mean that the glass/GaSe/InSe thin film is a good absorbent material at the visible region boundaries.

The basic absorption spectrum is one of the most used methods to determine the energy band gap ( $E_g$ ). The relation between absorption coefficient and energy band gap is given (Tauc 1968)

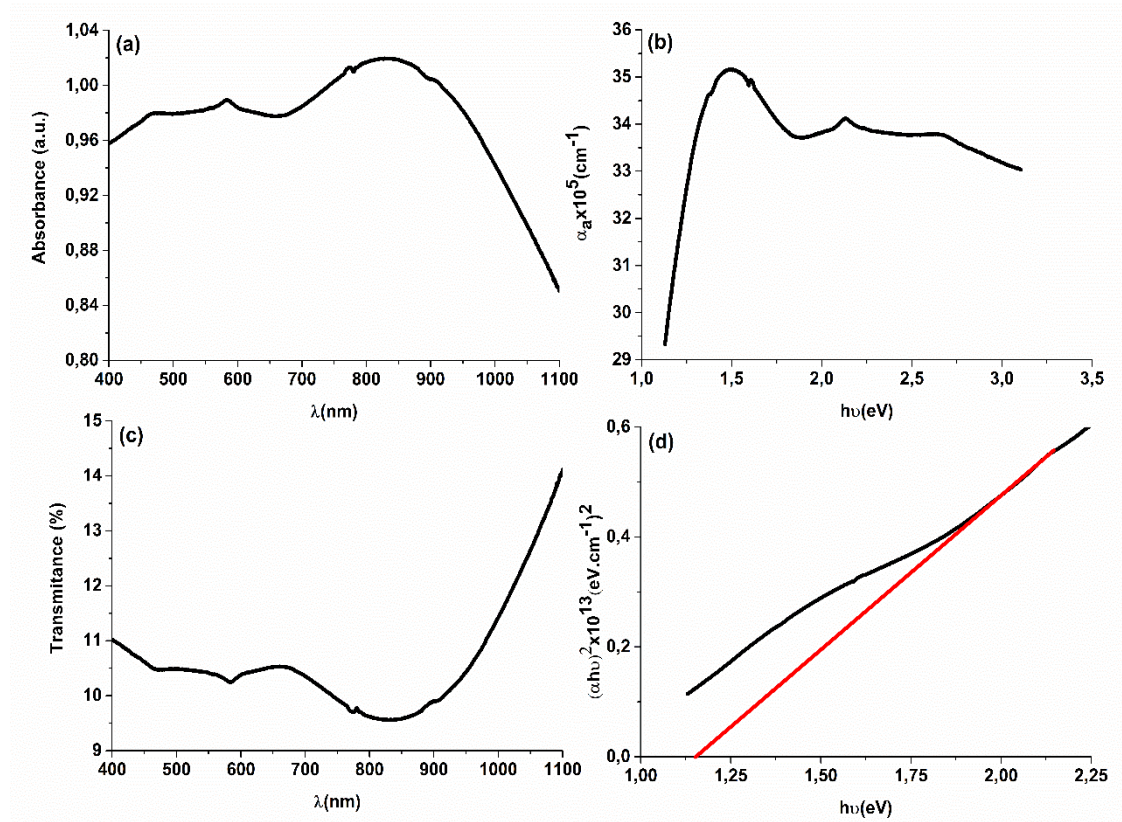
$$\alpha(h\nu) \approx (h\nu - E_g)^n \quad (1)$$

where  $\alpha$  is the absorption coefficient and  $h\nu$  is the energy of absorbance light. The value of n is  $\frac{1}{2}$  for direct allowed transitions for InSe (Gopal, Viswanathan et al. 2005) materials. This method uses the plot of  $(\alpha h\nu)^{\frac{1}{n}}$  versus  $h\nu$  (Figure 1 d).  $E_g$  is determined by extrapolating the straight line portion of this plot to the energy axis. The intercept on energy axis gives the value of  $E_g$ , and have yielded 1.89 eV. It is seen that the result obtained is lower than the energy band gaps of metal oxide semiconductor films (Dugan, Koç et al. 2020, Yetim, Aslan et al. 2020).



**Figure 1.** The optical spectrum of glass/GaSe/InSe thin films: a) absorbance, b) absorption coefficient, c) transmittance and d) the photon energy dependence of  $(\alpha h\nu)^2$ .

Optical absorption and transmittance plotted against the 400-1100 nm wavelength of glass/GaSe/InSe(annealed) thin film are given in Figure 2a and c, respectively. The absorption coefficient ( $\alpha_a$ ) and  $(\alpha h\nu)^2$  plotted against photon energy are given in Figure 2b and d, respectively. The highest value of  $\alpha_a$  is  $3,5 \times 10^6$  at 1,49 eV. As seen in Figure 2a, the highest absorption was seen at 837 nm. With the effect of annealing, the highest absorption peak shifted from the visible to the infrared region. This caused the forbidden energy band gap to decrease to 1.15 eV, as seen in Figure 2d. In Figure 2c, the visible region boundaries at 400-700 nm are %11,02 and %10,35 percent transmittance values, respectively. The transmittance values of the film increased with annealing. This may be due to the absorption shift from the visible to the infrared region. The transmittance values of the glass/GaSe/InSe(annealed) thin film increased with annealing.



**Figure 2.** The optical spectrum of glass/GaSe/InSe(annealed) thin films: a) absorbance, b) absorption coefficient, c) transmittance and d) the photon energy dependence of  $(\alpha h\nu)^2$ .

### 3.2. Electrical Properties

The I-V characteristics of the as-deposited and annealed films were examined under dark and yellow light intensity  $100 \text{ w/m}^2$ . Figure 3a shows the schematic representation of the device produced, Fig 4a shows the current graph plotted against the voltage in the dark and light environment, and 4b shows the graphs of the junction resistance  $R_j$  ( $R_j = \frac{\partial V}{\partial I}$ ) versus voltage.

In Figure 4a, it is seen that both as-deposited and annealed films are sensitive to light and their electrical conductivity increases under light. It is also seen that the photoconductivity of the as-deposited film is higher than that of the annealed film. The reason for this can be shown, as seen in the optical analysis, the shift of the maximum absorption peak from the visible to the infrared region, the decrease in the maximum absorption coefficient and the increase in the transmittance in the visible region. It is also seen that there are three different regions in Figure. 4a. The first region suggests a trap controlled space charge limited. The second region is the region of superquadratic behavior caused by low concentration charge carriers. In the second region, the trap filling mechanism is dominant. In the 3rd region, as the application voltage increases, all trap levels in the band gap of the semiconductor layer are filled. This suggests that most of traps are filled and contribution of free

carrier to electric field becomes appreciable (Kumar, Jain et al. 2003, Yakuphanoglu 2008, Chaudhary, Kumar et al. 2019).

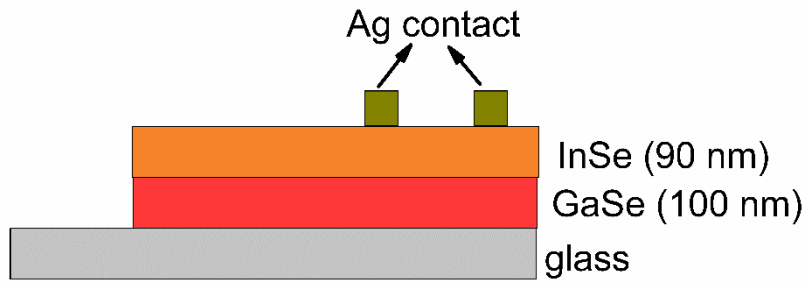


Figure 3. Schematic representation of the fabricated device.

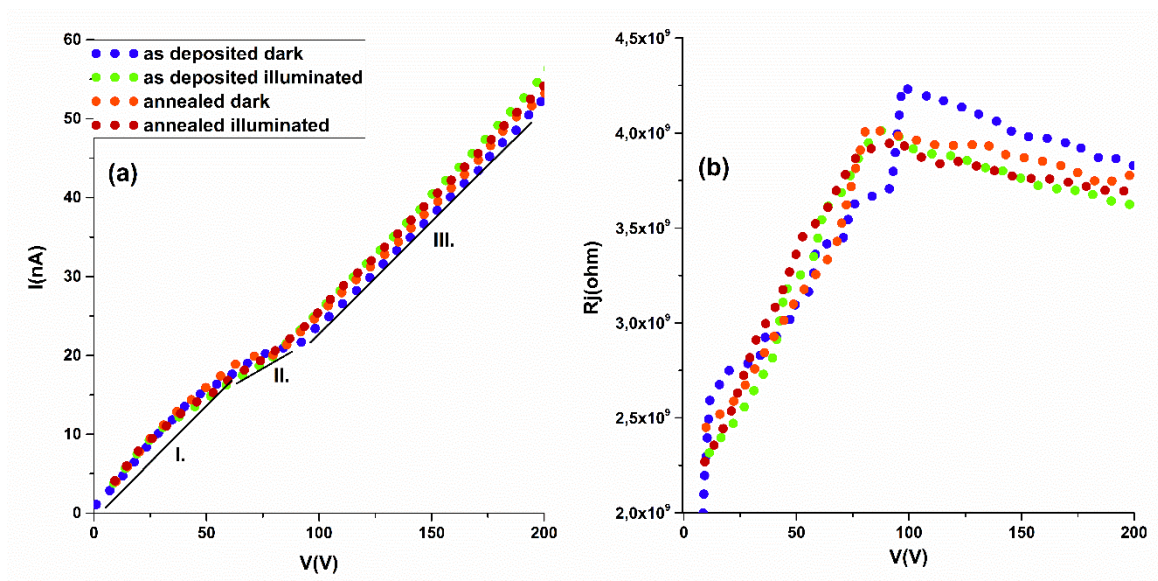


Figure 4. a) I-V characteristics of non-annealed and annealed devices, b)  $R_j$ -V characteristics of non-annealed and annealed devices

Figure 5a and b shows I-V and  $R_j$ -V graphs against temperature change, respectively. With the increase in temperature, the electrical conductivity increased with the decrease of  $R_j$ . In Figure 6a and b, graphs of resistivity and conductivity versus temperature are given at a constant potential, respectively. While the resistivity was determined as  $0.7 \times 10^9$  (ohm.cm) at 285 °K, it was determined as  $0.1 \times 10^9$  (ohm.cm) at 407 °K. The conductivity was determined as  $1,3 \times 10^{-9}$  (ohm.cm)<sup>-1</sup> at 285 °K and  $6,6 \times 10^{-9}$  (ohm.cm)<sup>-1</sup> at 407 °K. This is one of the biggest properties that distinguishes semiconductors from metals.

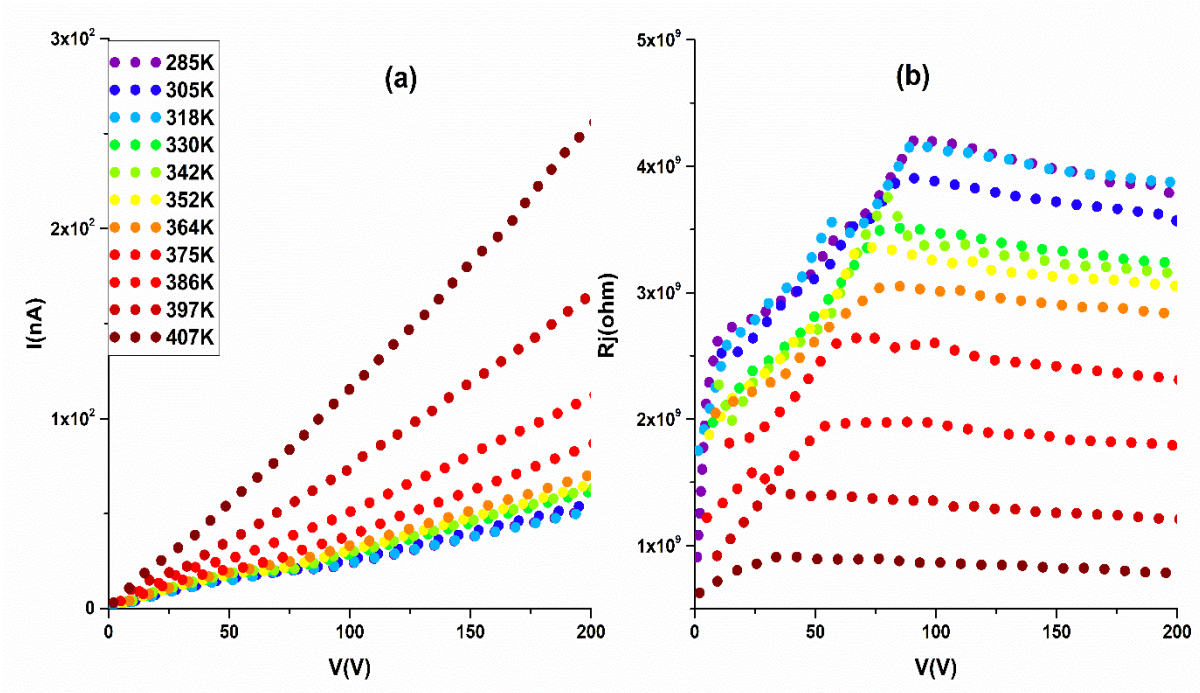


Figure 5. Temperature-dependent a) I-V characteristics, b)  $R_j$ -V characteristics of the as-deposited film.

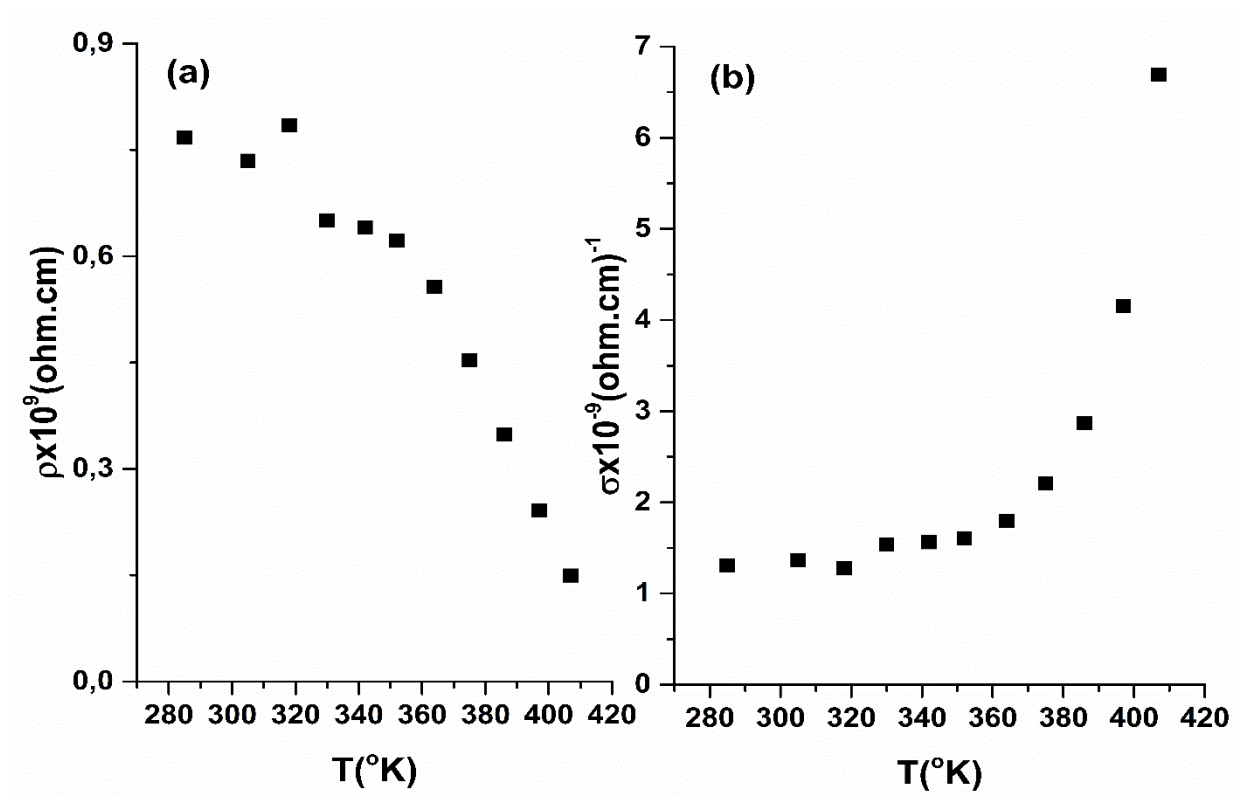


Figure 6. Temperature-dependent a) resistivity, b) conductivity of the as-deposited film.

,Also activation energies for as-deposited film were calculated within 285-407 °K temperature range and corresponding  $\log\sigma-10^3/T$  plots were recorded. The calculations were made according to following equation (Kobbi and Kesri 2004, Yilmaz 2008):

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E / kT) \quad (2)$$

The  $\log\sigma-10^3/T$  curve depicted in Figure 7 in this temperature range represent that the activation energy in low temperature region (285-342 °K) is 0,05 eV, it is 0,23 eV in middle temperature region (352-375 °K) while it is 0.6 eV in high temperature region (386-407 °K). The increment in conductance is non-linear owing to presence of amorphous structure of the film (Pathan, Kulkarni et al. 2005).

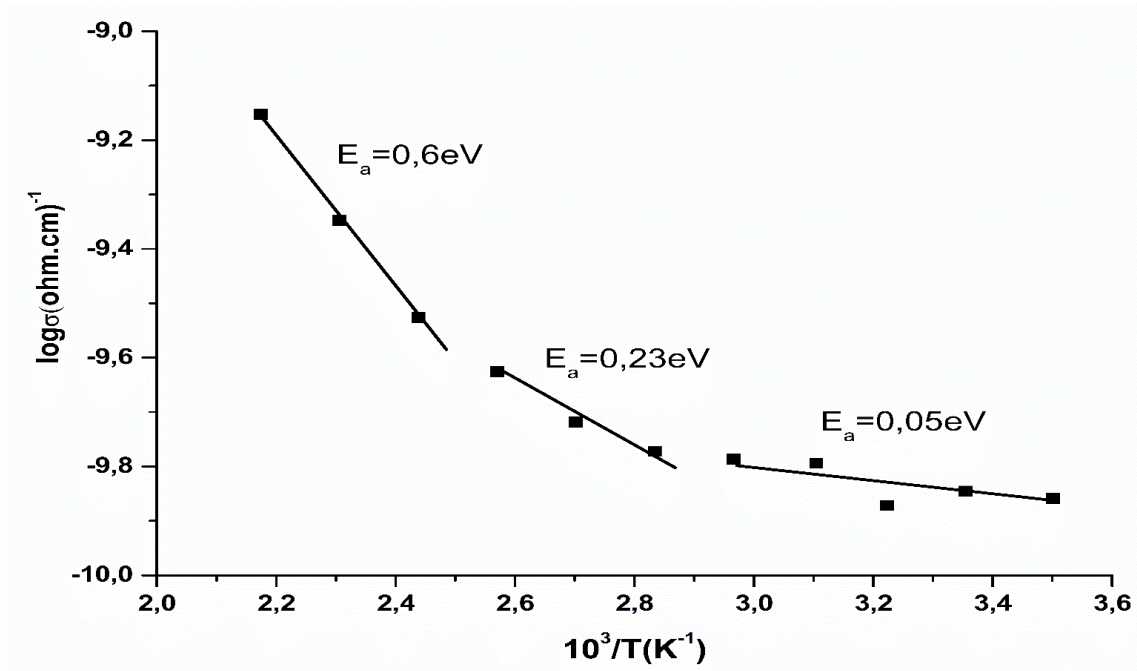


Figure 7. Arrhenius plot of the conductance of device (T = absolute temperature)

#### 4. Conclusions and Recommendations

The InSe thin film was successfully grown on a glass/GaSe substrate using the M-CBD method and a group was annealed. While the energy band gap of the as-deposited film was 1.89eV, the energy band gap of the annealed film was determined as 1.15 eV. The maximum absorption region shifted from the visible to the infrared region by annealing. The as-deposited device is ideal for opto-electronic applications in the visible region, while the annealed film is ideal for applications used in

the infrared region. In addition, with annealing while the maximum absorption coefficient  $\alpha_a$  decreased, optical transmittance and electrical conductivity increased.

The I-V characterization of the device at different temperatures was examined, the resistivity decreased and the conductivity increased with the increase of the temperature. The activation energy in low temperature region is 0,05 eV, while it is 0.6 eV in high temperature region.

### Acknowledgements

Thank you to Mr. Prof. Dr. Hasan MAMMADOV for his contribution.

### Authors' Contributions

Fatih ÜNAL: Experimental, Investigation, Formal analysis, Writing - review & editing.

### Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

### Statement of Research and Publication Ethics

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

### References

- Boukhvalov, D. W., B. Gurbulak, S. Duman, L. Wang, A. Politano, L. S. Caputi, G. Chiarello and A. Cupolillo (2017). "The Advent of Indium Selenide: Synthesis, Electronic Properties, Ambient Stability and Applications." *Nanomaterials* **7**(11).
- Camara, M. O. D., A. Mauger and I. Devos (2002). "Electronic structure of the GaSe/Si(111) and InSe/Si(111) heterojunctions." *Physical Review B* **65**(20).
- Camara, M. O. D., A. Mauger and I. Devos (2002). "Electronic structure of the layer compounds GaSe and InSe in a tight-binding approach." *Physical Review B* **65**(12).
- Chaudhary, V., N. Kumar and A. K. Singh (2019). "Solubility dependent trap density in poly (3-hexylthiophene) organic Schottky diodes at room temperature." *Synthetic Metals* **250**: 88-93.
- Choi, I. H. and P. Y. Yu (2003). "Properties of phase-pure InSe films prepared by metalorganic chemical vapor deposition with a single-source precursor." *Journal of Applied Physics* **93**(8): 4673-4677.
- Dugan, S., M. M. Koç and B. Coşkun (2020). "Structural, electrical and optical characterization of Mn doped CdO photodiodes." *Journal of Molecular Structure* **1202**: 127235.
- El-Sayed, S. M. (2003). "Optical investigations of the indium selenide glasses." *Vacuum* **72**(2): 169-175.
- Gopal, S., C. Viswanathan, B. Karunakaran, S. K. Narayandass, D. Mangalaraj and J. Yi (2005). "Preparation and characterization of electrodeposited indium selenide thin films." *Crystal Research and Technology* **40**(6): 557-562.

- Gopal, S., C. Viswanathan, M. Thamilselvan, K. Premnazeer, S. K. Narayandass and D. Mangalaraj (2004). "Conduction studies on electrodeposited indium selenide thin films." *Ionics* **10**(3-4): 300-303.
- Han, G., Z. G. Chen, J. Drennan and J. Zou (2014). "Indium Selenides: Structural Characteristics, Synthesis and Their Thermoelectric Performances." *Small* **10**(14): 2747-2765.
- Ho, C. H. and Y. J. Chu (2015). "Bending Photoluminescence and Surface Photovoltaic Effect on Multilayer InSe 2D Microplate Crystals." *Advanced Optical Materials* **3**(12): 1750-1758.
- Igasaki, Y. and T. Fujiwara (1996). "The preparation of highly oriented InSe films by electrodeposition." *Journal of Crystal Growth* **158**(3): 268-275.
- Jin-Ho Park, Mohammad Afzaal, Madeleine Helliwell, Mohammad A. Malik, Paul O'Brien and J. Raftery (2003). "Chemical Vapor Deposition of Indium Selenide and Gallium Selenide Thin Films from Mixed Alkyl/Dialkylselenophosphorylamides." *Chem. Mater.* **15**: 4205-4210.
- Julien, C., N. Benramdane and J. P. Guesdon (1990). "Transformation steps of structure in flash-deposited films of a-InSe." *Semiconductor Science and Technology* **5**(8): 905-910.
- Julien, C., A. Chevy and D. Siapkas (1990). "Optical properties of In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> phases." *physica status solidi (a)* **118**(2): 553-559.
- Kobbi, B. and N. Kesri (2004). "Physico-chemical and electrical properties of InSe films." *Vacuum* **75**(2): 177-182.
- Kumar, V., S. C. Jain, A. K. Kapoor, J. Poortmans and R. Mertens (2003). "Trap density in conducting organic semiconductors determined from temperature dependence of J-V characteristics." *Journal of Applied Physics* **94**(2): 1283-1285.
- Lang, O., A. Klein, R. Schlaf, T. Löher, C. Pettenkofer, W. Jaegermann and A. Chevy (1995). "InSeGaSe heterointerfaces prepared by Van der Waals epitaxy." *Journal of Crystal Growth* **146**(1): 439-443.
- Lokhande, C. D. and S. H. Pawar (1989). "Electrodeposition of Thin Film Semiconductors." *physica status solidi (a)* **111**(1): 17-40.
- Mudd, G. W., S. A. Svatek, T. Ren, A. Patane, O. Makarovskiy, L. Eaves, P. H. Beton, Z. D. Kovalyuk, G. V. Lashkarev, Z. R. Kudrynskiy and A. I. Dmitriev (2013). "Tuning the Bandgap of Exfoliated InSe Nanosheets by Quantum Confinement." *Advanced Materials* **25**(40): 5714-+.
- Pathan, H. M., S. S. Kulkarni, R. S. Mane and C. D. Lokhande (2005). "Preparation and characterization of indium selenide thin films from a chemical route." *Materials Chemistry and Physics* **93**(1): 16-20.
- Politano, A., D. Campi, M. Cattelan, I. Ben Amara, S. Jaziri, A. Mazzotti, A. Barinov, B. Gurbulak, S. Duman, S. Agnoli, L. S. Caputi, G. Granozzi and A. Cupolillo (2017). "Indium selenide: an insight into electronic band structure and surface excitations." *Scientific Reports* **7**.
- Tauc, J. (1968). "Optical properties and electronic structure of amorphous Ge and Si." *Materials Research Bulletin* **3**(1): 37-46.
- ÜNAL, F., T. İZGİ, B. BARIŞ and S. KARADENİZ (2020). "Cam/ITO/CIS/Rubrene Heteroekleminin Yüzey ve Optiksel Özelliklerinin İncelenmesi." *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* **10**.
- Yakuphanoglu, F. (2008). "Photovoltaic properties of the organic-inorganic photodiode based on polymer and fullerene blend for optical sensors." *Sensors and Actuators A: Physical* **141**(2): 383-389.
- Yetim, N. K., N. Aslan, A. Sarioğlu, N. Sarı and M. M. Koç (2020). "Structural, electrochemical and optical properties of hydrothermally synthesized transition metal oxide (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiO, CuO) nanoflowers." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* **31**(15): 12238-12248.
- Yılmaz, S. (2008). "TETRAGONAL (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>(Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>x</sub> İKİLİ SİSTEMLERİNDE İYONİK İLETKENLİĞİN İNCELENMESİ VE KATKI CİNSİNE BAĞLILIĞI (Ln=Dy, Eu, Sm)." *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* **24**: 212-215.
- Yuksekk, M., H. G. Yaglioglu, A. Elmali, E. M. Aydin, U. Kurum and A. Ates (2014). "Nonlinear and saturable absorption characteristics of Ho doped InSe crystals." *Optics Communications* **310**: 100-103.
- Zhou, J., J. Shi, Q. Zeng, Y. Chen, L. Niu, F. Liu, T. Yu, K. Suenaga, X. Liu, J. Lin and Z. Liu (2018). "InSe monolayer: synthesis, structure and ultra-high second-harmonic generation." *2D Materials* **5**(2).
- Zhou, J. D., J. Shi, Q. S. Zeng, Y. Chen, L. Niu, F. C. Liu, T. Yu, K. Suenaga, X. F. Liu, J. H. Lin and Z. Liu (2018). "InSe monolayer: synthesis, structure and ultra-high second-harmonic generation." *2d Materials* **5**(2).



## Mikroenkapsüle ve Serbest Probiyotik Kültür İlavesiyle Fonksiyonel Keçiboynuzu Pekmezi Üretimi

Emel ÜNAL TURHAN<sup>1\*</sup>

### Öz

Bu çalışmada, serbest ve mikroenkapsüle probiyotik kültür ilavesiyle keçiboynuzu pekmezi üretimi gerçekleştirilmiş ve depolama koşullarının ürün kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Probiyotik keçiboynuzu pekmezi üretiminde probiyotik kültür olarak *Lactobacillus. rhamnosus* kullanılmıştır. Sade (kontrol grubu) ve probiyotik keçiboynuzu pekmezi örnekleri 2 farklı sıcaklıkta (4°C ve 25°C) 30 gün boyunca depolanmış ve keçiboynuzu pekmezi örneklerinde probiyotik canlı hücre sayısı, pH ve duyu analizleri yapılmıştır. Depolama sonunda mikroenkapsüle kültür ve serbest kültür ile üretilen pekmezlerde canlı probiyotik hücre sayısı sırasıyla 7.79 log kob/mL ve 7.31 log kob/mL bulunmuştur. Depolama süresinin *L. rhamnosus* sayısı üzerindeki etkisi serbest kültür ile üretilen örnekler için önemsiz bulunurken mikroenkapsüle kültür ile üretilmiş örnekler için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, probiyotik hücre konsantrasyonunda, farklı depolama sıcaklıklarının önemli bir etkisi olmamıştır. Örneklerin pH değerleri üzerinde ise sadece depolama süresinin etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Duyusal özellikler açısından en yüksek beğeniyi kontrol grubu örneği olan sade keçiboynuzu pekmezleri alırken en düşük beğeniyi mikroenkapsüle kültür ile üretilen pekmezler almıştır. Depolama sonunda tüm pekmez örneklerinde duyu kalite puanları düşmüştür. Ayrıca, 4°C’de depolamanın pekmezin duyu özellikleri üzerinde daha olumlu bir etkisinin olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Keçiboynuzu pekmezi, Probiyotik, *L. rhamnosus*, Mikroenkapsülasyon

## The Production of Functional Carob Molasses with the Addition of Microencapsulated and Free Probiotic Culture

### Abstract

In this study, the production of carob molasses with the addition of free and microcapsule probiotic culture was carried out and the effect of storage conditions on product quality characteristics was examined. *Lactobacillus rhamnosus* was used as a probiotic culture in the production of probiotic carob molasses. Plain (control group) and probiotic carob molasses samples were stored for 30 days at 2 different temperatures (4°C and 25°C) and probiotic viable cell count, pH and sensory analyses were performed in carob molasses samples. At the end of storage, the number of live probiotic cells was 7.79 log cfu/mL and 7.31 log cfu/mL respectively in molasses produced with microcapsule culture and free culture. While the effect of storage time on the number of *L. rhamnosus* was insignificant for samples produced with free culture, it was found to be statistically important for samples produced with microcapsule culture. Additionally, in probiotic cell concentration, different storage temperatures have not had a significant effect. On the pH values of the samples, it was determined that only the effect of storage time was important. The highest appreciation in terms of sensory properties was taken by plain carob molasses, which is an example of the control group, while the lowest appreciation was the molasses produced with microcapsule culture. Sensory quality scores decreased in all molasses samples at the end of storage. It was also found to have a more positive effect on the sensory properties of storage at 4°C.

**Keywords:** Carob molasses, Probiotic, *L. rhamnosus*, Microencapsulation

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadiri Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Osmaniye, Türkiye, emelunal@osmaniye.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0284-574X>

## 1. Giriş

Bugünlerde, sağlıkla ilgili özellikleri geliştirilmiş olan fonksiyonel gıda ürünlerinin tüketimine dair bir yönelim vardır. Probiyotik fonksiyonel bir gıda ürünü geliştirirken probiyotik bakteri seçimi, gıdanın bileşimi ve işleme koşullarını göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Özellikle probiyotik gıdalarda probiyotik hücre sayısının belli oranda tutulması zorunluluğu göz önünde bulundurulduğunda gerek gıdadan ve prosten kaynaklı gerekse depolama koşullarından kaynaklı olumsuz koşullara dayanım elzemdir (Furtado ve ark., 2019). Probiyotik gıdalardaki kültürlerin sağlık üzerindeki yararlı etkilerinin görülebilmesi için yer aldığı gıda ürününde en az  $10^6$  kob/g veya mL düzeyinde bulunması gerekmektedir (Randazzo ve ark., 2013; Terpou ve ark., 2019). Probiyotik mikroorganizmaların gıda bileşiminden kaynaklı stres faktörlerine, depolama koşullarına ve gastrik koşullara dayanım açısından mikroenkapsülasyon yöntemleri uygulanır. Mikroenkapsülasyon, hassas mikroorganizma hücrelerini bir kabuk gibi sararak dışarıdan gelen olumsuz çevre koşullarında hücre hasarını minimumda tutan bir işlemdir (Kalkan ve ark., 2018; 2020; Terpou ve ark., 2019). Probiyotik gıda üretiminde bilindiği üzere sıklıkla süt ürünlerine başvurulmuştur. Probiyotik gıdaların ağırlıklı olarak süt ürünlerinden oluştuğu düşünüldüğünde süt ürünlerini tüketmeyen bireylere yönelik yeni probiyotik gıdaların tasarlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Süt ürünleri dışında; probiyotik kültür ilavesi ile üretilen gıdalara; elma suyu, portakal suyu, ananas suyu, limon suyu, şeftali suyu, kivi suyu, çilek suyu, kaju, nar suyu, tahıl ürünleri, tatlılar, mango suyu, gofret, çikolata, şeker kamışı suyu, kızılıcak suyu, sucuk, sosis, vişne suyu gibi ürünler örnek olarak verilebilir (Espinazo ve Navaro, 2010; Antunes ve ark., 2013; Daneshi ve ark., 2013; Turhan ve ark., 2014; Alzate ve ark., 2016; Nematollahi ve ark., 2016; Furtado ve ark., 2019; Erginkaya ve ark., 2019). Bu ürün gruplarından özellikle de sebze ve meyve sularında probiyotik gıda denemeleri başarılı sonuçlar vermiştir (Randazzo ve ark., 2013; Nematollahi ve ark., 2016). Son yıllarda besinsel bileşimi ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri vurgulanan keçiyoynuzu pekmezi üzerinde durulmaya başlanmıştır (Toker ve ark., 2013). Gerek besleyici özellikleri gerekse yüksek enerji değeri ile keçiyoynuzu pekmezi iyi bir probiyotik taşıyıcısı gıda olabilir.

Pekmez bileşiminde bulunan karbonhidrat, organik asit, protein, flavanoidler, fenolik maddeler, mineral madde (başlıca K, Ca, Mg, Na, P and Fe) ve vitaminler bakımından besin değeri yüksek bir üründür ve insan sağlığı için faydalıdır (Aliyazıcıoğlu ve ark., 2009; Akkaya ve ark., 2012; Tounsi ve ark., 2017; 2019). Pekmez bileşimindeki bu maddelerin yani gıda matrisinin özellikleri probiyotik canlılığı üzerinde etkili olduğu için probiyotik keçiyoynuzu pekmezi üretimini tasarlarken düşük su aktivitesi koşullarına dayanan ve depolama süresince ürünün kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkisi olmayan probiyotik kültür uygulaması üzerinde durulması gerekmektedir. Gıda bileşiminden kaynaklı stres faktörlerine, depolama koşullarına ve gastrik koşullara dayanım açısından probiyotik

kültürlerin mikroenkapsülasyonunu öneren birçok çalışma olmakla birlikte, farklı gıda ürünlerinde uygulanması ile ilgili çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı; serbest ve mikroenkapsüle probiyotik kültürlerle keçiyoynuzu pekmezi üretimi gerçekleştirmek ve depolama koşullarının probiyotik hücre canlılığı, pH ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi incelemektir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada sade (K), mikroenkapsüle (M) ve serbest probiyotik kültür (S) içeren keçiyoynuzu pekmezi üretimi (2 paralel ve 3 tekerrür) 3 farklı deneme planı (K, M ve S) ile gerçekleştirilmiştir. Keçiyoynuzu pekmezlerinin fabrika tarafından önerilen depolama sıcaklığı oda sıcaklığıdır. Ancak, denemelerimizde keçiyoynuzu pekmezlerine ilave edilen probiyotik kültürün oda sıcaklığında pekmezi fermente etme ve tadını bozma ihtimaline karşı iki farklı depolama sıcaklığı tercih edilmiştir. Bu bakımdan probiyotik ve sade keçiyoynuzu pekmezleri 4°C ve 25°C’de depolanmıştır. Depolama süresi pandemi dönemine denk geldiği için ve kısıtlamalardan ötürü 1 ay ile sınırlı tutulabilmiştir. Bu sebepten analizler başlangıç (0. gün) ve 30. gün’de alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Probiyotik Kültür

Probiyotik kültür olarak kullanılan *Lactobacillus rhamnosus* ise Danisco USA INC.’den temin edilmiştir. Probiyotik kültürlerin ilave edildiği keçiyoynuzu pekmezleri Kadırlı’de keçiyoynuzu pekmezi üretimi yapan bir fabrikadan temin edilmiştir.

### 2.2. Serbest ve Mikroenkapsüle Probiyotik Kültür Hazırlığı

Stok kültürden alınan *L. rhamnosus* MRS (de Man, Rogosa, and Sharpe) broth (Merck, Germany) besiyeri içerisinde 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılarak geliştirilmiş ve böylece serbest *L. rhamnosus* kültürü elde edilmiştir. Mikroenkapsüle probiyotik kültür eldesi için serbest *L. rhamnosus* kültürü ekstrüzyon tekniği ile mikroenkapsülasyona maruz bırakılmıştır (Chen ve ark., 2007). Kullanılan tüm cam malzemeler ve çözeltiler 121°C’de 15 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Kaplama materyali çözeltisi destile su kullanılarak hazırlanmıştır. 10<sup>9</sup> kob/mL konsantrasyondaki probiyotik kültür (serbest *L. rhamnosus* kültürü) steril kaplama materyali çözeltisine (Aljinat-Merck) 1/5 oranında ilave edilmiştir. Probiyotik kültür içeren bu karışım (10<sup>8</sup> kob/mL) 0.11 mm’lik iğnesi olan şırınga ile 0.05 M’lık steril CaCl<sub>2</sub> (Merck-Germany) çözeltisi içerisine enjekte edilmiştir. Oluşan kapsüller, yeterli sertliği kazanmaları amacıyla 30 dakika süre ile çözelti içerisinde bırakılmış ve

sonra “whatman 4 filtre kâğıdı” (Merck) ile süzülerek kullanıma hazır hale gelmiştir (Şekil 1) (Erginkaya ve ark., 2019).



Şekil 1. Mikroenkapsüle *L. rhamnosus*

## 2.2. Probiyotik Keçiboynuzu Pekmezi Üretimi

Bu projede probiyotik keçiboynuzu pekmezi üretimleri; serbest probiyotik kültür (S) ve mikroenkapsüle probiyotik kültür ilaveli (M) olmak üzere iki farklı uygulama ile elde edilmiştir. Kontrol örneği olarak ise hiçbir probiyotik kültür ilavesi yapılmamış olan bütün üretimlerde kullanılmak üzere fabrikadan temin edilen sade keçiboynuzu pekmezleri değerlendirilmiştir. Sonuçta bu çalışmada sade (K), serbest probiyotik kültürü (S) ve mikroenkapsüle probiyotik kültürü (M) olmak üzere 3 farklı örnek grubu üzerinde ilgili analizler yapılmıştır. Serbest probiyotik kültürü keçiboynuzu pekmezi üretimi için; aseptik koşullar altında oda sıcaklığında 100 mL keçiboynuzu pekmezine 2 mL serbest *L. rhamnosus* (yaklaşık  $10^7$  kob/mL) ilave edilmiş ve ardından amber cam şişeler içinde kapakları kapatılarak ambalajlanmıştır. Mikroenkapsüle probiyotik kültürü keçiboynuzu pekmezi üretimi için ise, aseptik koşullar altında oda sıcaklığında 100 mL keçiboynuzu

pekmezine 2 gr mikroenkapsüle *L. rhamnosus* ilave edilmiş ve ardından amber cam şişeler içinde kapakları kapatılarak ambalajlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Probiyotik keçiyoynuzu pekmezleri

## 2.2. Probiyotik Keçiyoynuzu Pekmezlerindeki *L. rhamnosus* Sayısının Belirlenmesi

*L. rhamnosus* sayımı için, 10 g keçiyoynuzu pekmezi 90 mL steril dilüsyon sıvısı ile (%0.85 tuz ve %0.1 pepton içeren) homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve dilüsyon sıvısı kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler de Man, Rogosa Sharpe (MRS) agar'a (Merck-Germany) yayma ekim yöntemiyle ekilmiş ve 37°C'de anaerobik koşullarda 48 saat inkübasyona bırakılmıştır (Halkman, 2005).

## 2.2. pH Tayini

pH tayini cam elektrotlu WTW marka pH metre kullanılarak oda koşullarında yapılmıştır (Cemeroğlu, 1992).

## 2.2. Duyusal Analiz

Duyusal analizler 5 kişiden oluşan panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. 3 ayrı keçiyoynuzu pekmezi örneği daha önceki araştırmacılar tarafından önerilen duyusal özelliklere (renk, koku, kıvam, tat, genel kabul edilebilirlik) göre 1-9 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 5 puan orta dereceyi göstermekte ve bu puanın altındaki değerler duyusal kalite açısından kötü, üzerindeki değerler duyusal kalite açısından iyi olarak nitelendirilmiştir. Sonuçta duyusal analizlerde elde edilen 5 puan bir ürünün red ve kabul kriteri olarak değerlendirilmiştir (Dimassi ve ark., 2019).

### 2.2.4. İstatistiksel Analizler

Elde edilen bulgular SPSS 20 paket programı (IBM SPSS Advanced Statistics 20.0-SPSS Inc, ABD) kullanılarak tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre ( $P<0.05$ ) değerlendirilmiştir (Özdamar, 1999).

## 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada probiyotik keçiyoynuzu pekmezi üretimi tasarlanırken, probiyotik kültürlerin gıda matrisinden kaynaklı stres faktörlerine dayanması ve depolama süresince ürünün kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkisi olmaması hedeflenmiştir. Bu kapsamda keçiyoynuzu pekmezi örneklerindeki probiyotik canlı hücre sayısı, pH ve duyusal özellikler incelenmiştir.

Gıda bileşiminden kaynaklı stres faktörlerine, depolama koşullarına ve gastrik koşullara dayanım açısından probiyotik kültürlerin mikroenkapsülasyonunu öneren birçok çalışma mevcuttur. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda gerek süt ürünlerinde gerekse meyve-sebze ürünlerinde ağırlıklı olarak *L. rhamnosus* kullanılmış ve başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Sheehan ve ark., 2007; Shah ve ark., 2010; Sohail ve ark., 2012; Ying ve ark., 2013). Nitekim, bu projede de probiyotik keçiyoynuzu formülasyonunda stres faktörlerine karşı dayanımı arttırmak için mikroenkapsüle *L. rhamnosus* kullanımı tercih edilmiştir. Tablo 1’de farklı yöntemlerle elde edilen keçiyoynuzu pekmezlerinde farklı sıcaklıklarda depolamanın *L. rhamnosus* sayısı üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Keçiboynuzu pekmezi örneklerindeki canlı *L. rhamnosus* sayısı

| Örnekler | 0. Gün                  | 30.Gün (4 °C)           | 30.Gün (25 °C)          |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| M        | 7.16±0.12 <sup>BA</sup> | 7.64±0.09 <sup>CB</sup> | 7.79±0.32 <sup>CB</sup> |
| S        | 7.25±0.06 <sup>BA</sup> | 7.28±0.12 <sup>BA</sup> | 7.31±0.18 <sup>BA</sup> |
| K        | 0.00±0.00 <sup>AA</sup> | 0.00±0.00 <sup>AA</sup> | 0.00±0.00 <sup>AA</sup> |

M: Mikroenkapsüle probiyotik kültür içeren pekmez, S: Serbest probiyotik kültür içeren pekmez, K: Probiyotik kültür içermeyen sade pekmez (Kontrol örneği). A, B, C: Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. (P<0.05); a, b, c: Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05)

Tablo 1’de de görüldüğü gibi, pekmez örneklerindeki *L. rhamnosus* sayısı üzerinde mikroenkapsülasyon işleminin etkisi önemli bulunurken, depolama sıcaklığının etkisi önemsiz bulunmuştur. Mikroenkapsüle probiyotik kültürlerin bulunduğu keçiboynuzu pekmezlerinde hücre canlılığı (en fazla 7.79 log kob/mL) serbest kültür bulunan örneklerdekenden (en fazla 7.31 log kob/mL) daha yüksek bulunmuştur. Bu durum literatür çalışmalarında vurgulanan, mikroenkapsülasyonun probiyotikleri olumsuz çevre koşullarına karşı koruduğu hipotezini desteklemiştir (Prado ve ark., 2008; Sohail ve ark., 2012; Perricone ve ark., 2015). Çalışmamızda farklı sıcaklıklarda depolamanın probiyotik hücre canlılığı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. 30 günlük depolama süresinin probiyotik canlılığı üzerindeki etkisi ise, mikroenkapsüle kültürlerin kullanıldığı örnekler için önemli bulunurken serbest kültürlerin kullanıldığı örneklerde önemsiz bulunmuştur. Mikroenkapsüle probiyotik kültürlerin kullanıldığı pekmezlerde 30 günlük depolamanın sonunda canlı hücre sayısının başlangıçtaki miktarlarına göre yükseldiği gözlenmiştir. Çalışma sonuçlarımızla benzer olarak, önceki çalışmalarda bazı araştırmacılar elma, portakal ve nar suyu gibi meyve sularına mikroenkapsüle/serbest probiyotik kültür (*Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium longum*, *L. salivarius*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. paracasei*, *B. lactis*) ilave etmişler ve mikroenkapsüle kültürlerin depolama dayanımlarının serbest kültürlerden daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (Ding ve Shah, 2008; Nualkaekul ve ark., 2013, Ying ve ark., 2013). Antunes ve ark., (2013) tropik bir meyve olan “acerola” nektarında probiyotik uygulanması ile ilgili çalışmalarında; asidik koşullar başta olmak üzere meyve suyu bileşiminden kaynaklı stres faktörlerine karşı probiyotik kültür uygulamasında mikroenkapsülasyonun hücre canlılığını korumak açısından iyi bir yöntem olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Farklı yöntemlerle elde edilen keçiboynuzu pekmezlerinde farklı sıcaklıklarda depolamanın pH değerleri üzerindeki etkisi Tablo 2’de gösterilmiştir. Pekmez örneklerindeki pH değeri üzerinde mikroenkapsülasyon işleminin ve depolama sıcaklığının etkisi önemsiz bulunurken, depolama süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu durum kısa süreli depolamalarda mikroenkapsüle kültür kullanmakla serbest kültür kullanmak arasında probiyotik stabilitesi açısından bir fark olmadığını göstermiştir. Ancak uzun süreli depolamalarda mikroenkapsülasyonun koruyucu

etkisinin olması muhtemeldir. Bu yüzden ilerleyen çalışmalarda daha uzun süreli depolamanın etkisi üzerinde durulması önerilir.

**Tablo 2.** Keçiboynuzu pekmezi örneklerinin pH değerleri

| Örnekler | 0.Gün                   | 30.Gün (4°C)             | 30.Gün (25°C)            |
|----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| M        | 5.47±0.01 <sup>aB</sup> | 5.34*±0.02 <sup>aA</sup> | 5.29*±0.02 <sup>aA</sup> |
| S        | 5.48±0.01 <sup>aB</sup> | 5.38*±0.01 <sup>aA</sup> | 5.34*±0.02 <sup>aA</sup> |
| K        | 5.52±0.02 <sup>bA</sup> | 5.50±0.02 <sup>bA</sup>  | 5.51±0.02 <sup>bA</sup>  |

M: Mikroenkapsüle probiyotik kültür içeren pekmez, S: Serbest probiyotik kültür içeren pekmez, K: Probiyotik kültür içermeyen sade pekmez (Kontrol örneği). A, B, C: Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05); a, b, c: Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05)

Farklı yöntemlerle elde edilen keçiboynuzu pekmezlerinde farklı sıcaklıklarda depolamanın bazı duyuşsal kalite özellikleri üzerindeki etkisi Tablo 3’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Keçiboynuzu pekmezi örneklerinin bazı duyuşsal özellikleri

| Duyuşsal Özellik          | Örnekler | 0.Gün                    | 30.Gün (4°C)             | 30.Gün (25°C)            |
|---------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Renk                      | M        | 9.33±0.58 <sup>aB</sup>  | 8.67±0.58 <sup>aB</sup>  | 7.33*±0.58 <sup>aA</sup> |
|                           | S        | 9.33±0.58 <sup>aA</sup>  | 8.67±0.58 <sup>aA</sup>  | 8.33±0.58 <sup>bA</sup>  |
|                           | K        | 10.00±0.00 <sup>bA</sup> | 9.67±0.58 <sup>bA</sup>  | 9.33±0.58 <sup>cA</sup>  |
| Koku                      | M        | 10.00±0.00 <sup>aB</sup> | 9.67±0.58 <sup>aB</sup>  | 8.33*±0.58 <sup>aA</sup> |
|                           | S        | 10.00±0.00 <sup>aB</sup> | 9.67±0.58 <sup>aB</sup>  | 8.67*±0.58 <sup>aA</sup> |
|                           | K        | 10.00±0.00 <sup>aA</sup> | 9.67±0.58 <sup>aA</sup>  | 9.67±0.58 <sup>bA</sup>  |
| Kıvam                     | M        | 8.67±0.58 <sup>aB</sup>  | 8.33±0.58 <sup>aB</sup>  | 7.33*±0.58 <sup>aA</sup> |
|                           | S        | 10.00±0.00 <sup>bB</sup> | 9.33*±0.58 <sup>bA</sup> | 9.33*±0.58 <sup>bA</sup> |
|                           | K        | 10.00±0.00 <sup>bA</sup> | 9.67±0.58 <sup>bA</sup>  | 9.67±0.58 <sup>bA</sup>  |
| Tat                       | M        | 9.33±0.58 <sup>aB</sup>  | 8.67±0.58 <sup>aB</sup>  | 7.67*±0.58 <sup>aA</sup> |
|                           | S        | 10.00±0.00 <sup>bB</sup> | 8.67*±0.58 <sup>aA</sup> | 8.67*±0.58 <sup>bA</sup> |
|                           | K        | 10.00±0.00 <sup>bB</sup> | 9.67±0.58 <sup>bA</sup>  | 9.67±0.58 <sup>cA</sup>  |
| Genel Kabul Edilebilirlik | M        | 9.00±0.58 <sup>aB</sup>  | 8.67±0.58 <sup>aB</sup>  | 7.67*±0.58 <sup>aA</sup> |
|                           | S        | 10.00±0.00 <sup>bB</sup> | 9.33±0.58 <sup>bB</sup>  | 8.33*±0.58 <sup>bA</sup> |
|                           | K        | 10.00±0.00 <sup>bB</sup> | 9.67±0.58 <sup>cB</sup>  | 8.67*±0.58 <sup>cA</sup> |

M: Mikroenkapsüle probiyotik kültür içeren pekmez, S: Serbest probiyotik kültür içeren pekmez, K: Probiyotik kültür içermeyen sade pekmez (Kontrol örneği). A, B, C: Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05); a, b, c: Aynı sütun içerisinde her bir duyuşsal özellik için farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05)

Duyuşsal kalite özellikleri açısından mikroenkapsüle kültür kullanılan pekmezler çoğunlukla daha az beğenilmiş ve mikroenkapsülasyon işleminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Özellikle kıvam ve tat özellikleri açısından mikroenkapsüle kültür içeren pekmezler daha az beğenilmiştir. Bu durumun probiyotik kültürlerin hapsedildiği küçük boncuklar şeklindeki kapsüllerin pekmezde kıvam ve tat özellikleri açısından fark edilir olduğunu göstermiştir. Benzer



olarak, Krasaekoopt ve Kitswad (2010) tarafından meyve sularında mikroenkapsüle probiyotik kültür kullanımının duysal özellikler bakımından ürünün kabulüne dair tüketici davranışı üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Bu araştırmacıların çalışmasında meyve suyu gibi akışkan bir gıdada probiyotik mikrokapsül varlığının özellikle “meyve suyunu yutma” esnasında tüketici üzerinde olumsuz izlenim bıraktığı sonucuna varılmıştır.

Depolama sıcaklığının etkisine bakıldığında ise 25°C’de depolanan örneklerin daha düşük puanlar aldığı ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Çalışmada en beğenilen örnekler (8.67-10.00 puan) genellikle hiç bir probiyotik kültür ilavesi yapılmayan kontrol örnekleri olmuş, ancak probiyotik kültür ilavesi yapılan diğer örneklerde iyi puanlar (7.33-10.00 puan) alarak beğenilmiştir. Bu çalışmada sade keçiyoynuzu pekmezlerine alternatif olarak probiyotik kültür ilavesi ile fonksiyonel özellik kazandırılan probiyotik keçiyoynuzu pekmezlerinde kritik duysal kabul edilebilirlik sınır değeri olan “5”in altına düşülmemiştir. Bu sebeple, çalışmada gerek serbest kültür kullanımı gerekse mikroenkapsüle kültür kullanımı ile üretilen yeni bir ürün olan probiyotik keçiyoynuzu pekmezlerinin yüksek duysal kabul edilebilirlik puanları ile sağlıklı gıda tüketimi eğilimindeki tüketicilere iyi bir alternatif yaratılmıştır.

Oda sıcaklığı koşullarında probiyotik kültürün keçiyoynuzu bileşiminde bulunan maddeleri parçalaması yani metabolize etmesi sonucu ürünün duysal ve fizikokimyasal özellikleri değişebilir. Bu açıdan depolama sıcaklığı olarak buzdolabı koşullarında depolamanın daha elverişli olacağı bildirilmiştir (Sheehan ve ark., 2007). Çalışmamızda bu literatür bilgileri ışığında oda sıcaklığının yanısıra +4°C’de depolama yöntemine de başvurulmuştur. Nitekim Sohail ve ark., (2012) mikroenkapsüle probiyotik kültür kullanımı ile ürettikleri meyve sularında iki farklı sıcaklıkta (25°C ve 4°C’de) depolamanın asidifikasyon üzerindeki etkisini incelemişler ve çalışma sonucunda gerek mikroenkapsülasyonun gerekse buzdolabı koşullarında depolamanın asidifikasyonu geciktirdiğini saptamışlardır. Probiyotik kültürlerin mikroenkapsüle edilmesi gıda ortamı içinde salınımlarını ve gıda bileşenlerini parçalama etkilerini azaltır. Kısacası, ürün kalite özelliklerinin korunması bakımından buzdolabı sıcaklığında depolamanın faydalı olacağı bildirilmiştir (Randazzo ve ark., 2013; Patel, 2008).

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile besleyici değeri yüksek olan keçiyoynuzu pekmezine probiyotik kültür ilavesi ile fonksiyonel özellik kazandırılmıştır. Probiyotik kültürlerin keçiyoynuzu pekmezi gibi düşük su aktivitesi olan bir ortamda canlılıklarını korumaları ve tüketimden sonra gastrik koşullarda da dayanımlarının sağlanabilmesi açısından mikroenkapsüle edilerek ürüne ilave edilmesi kalite özellikleri açısından da olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak farklı enkapsülasyon yöntemleri ve

kaplama materyalleri denenerek ürünün duyuşal açıdan kabul edilebilirliği daha da arttırılabilir. Çalışmanın süt ürünleri dışındaki probiyotik ürün çeşitliliğini arttırmak açısından gıda sanayiine fayda sağlayacağı düşünülmüş ve bu şekilde hem tüketicisi hem de sanayinin ihtiyaç duyduğu alternatif bir probiyotik ürün ortaya çıkarılmıştır. İlerleyen çalışmalarda probiyotik keçiboynuzu üretiminde kullanılan yöntemlerin daha uzun süreli depolamada ürün kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi önerilir. Ayrıca probiyotik kültürlerin metabolik aktivitesinden kaynaklı olarak keçiboynuzu pekmezlerinde sadece pH ve duyuşal özellikler değil yanı sıra indirgen şeker, organik asit bileşimi, reolojik özellikler vb. gibi önemli kalite kriterleri de incelenmelidir.

### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### Kaynaklar

- Akkaya, Z., Schröder, J., Tavman, ř., Kumcuoğlu, S., Schuchmann, H.P., and Gaukel, V., (2012). Effects of spray drying on physical properties, total phenolic content and antioxidant activity of carob molasses. *International Journal of Food Engineering*, 8(4), 1-15.
- Alzate, B.C.S., Rodriguez, M.C., and Campuzano, O.M., (2016). Identification of some kefir microorganisms and optimization of their production in sugarcane juice. *Revista Facultad Nacional de Agronomia*, 69(1), 7935-7943
- Aliyazıcıoğlu, R., Kolaylı, S., Kara, M., Yıldız, O., Sarıkaya, A.O., Cengiz, S., and Er, F., (2009). Determination of chemical, physical and biological characteristics of some pekmez (molasses) from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 21(3), 2215-2223.
- Antunes, A.E.C., Liserre, A.M., Coelho, A.L.A., Menezes, C.R., Moreno, I., Yotsuyanagi, K., and Azambuja, N.C., (2013). Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. *LWT-Food Science and Technology*, 54, 125-131.
- Cemeroğlu, B., (1992). *Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları*. Ankara: Biltav Yayınları.
- Chen, M., Chen, K., and Kuo, Y. (2007). Optimal thermotolerance of *Bifidobacterium bifidum* in gellan-alginate microparticles. *Biotechnol Bioeng*, 98 (2), 411-419.
- Daneshi, M., Ehsani, M.R., Razavi, S.H., and Labbafi, M., (2013). Effect of refrigerated storage on the probiotic survival and sensory properties of milk/carrot juice mix drink. *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(5), 1-12.
- Dimassi, O., Khalife, R., Akiki, R., and Rached, M., (2019). Effect of different soaking media on the efficiency of carob molasses production. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(3), 829-834.
- Ding, W.K., and Shah, N.P., (2008). Survival of free and microencapsulated probiotic bacteria in orange and apple juices. *International Food Research Journal*, 15(2), 219-232.
- Espinazo, Y.R., and Navaro, Y.G., (2010). Non-dairy probiotic products. *Food Microbiology*, 27, 1-11.
- Erginkaya, Z., Sarıkodal, E., zktk, S.T., Konuray, G., and nal Turhan, E., (2019). Probiyotik bitter okolata üretiminde mikroenkapsüle *Lactobacillus rhamnosus* kullanımı. *Gıda*, 44(2), 238-247.
- Furtado, L.L., Martins, M.L., Ramos, A.M., Silva, R.R., Junior, B.R.C.L., and Martins, E.M.F., (2019). Viability of probiotic bacteria in tropical mango juice and the resistance of the strains to gastrointestinal conditions simulated in vitro. *Semina: Ciências Agrrias, Londrina*, 4(1), 149-162.
- Halkman, K., (2005). *Merck gıda mikrobiyolojisi uygulamaları*. Ankara, Türkiye: Başak Matbaacılık Limited şti., 358s.

- Kalkan, S., Öztürk, D., Selimoğlu, and B.S., (2018). Determining some of the quality characteristics of probiotic yogurts manufactured by using microencapsulated *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. *Turk J Vet Anim Sci*, 42, 617-623.
- Kalkan, S., Otağ, M.R., Köksal, E.İ, Bozkurt, and N.Ş., (2020). Production of functional Turkish noodle (Erişte) supplementary probiotic and determining of some quality properties. *Food and Health*, 6(3), 140-150.
- Krasaekoopt, W., and Kitsawad, K., (2010). Sensory characteristics and consumer acceptance of fruit juice containing probiotics beads in Thailand. *AU J.T.*, 14(1), 33-38.
- Nematollahi, A., Sohravandi, S., Martazavian, A.M., and Jazaeri, S., (2016). Viability of probiotic bacteria and some chemical and sensory characteristics in cornelian cherry juice during cold storage. *Electronic Journal of Biotechnology*, 21, 49-53.
- Nualkaekul, S., Cook, M.T., Khutoryanskiy, V.V., and Charalampopoulos, D., (2013). Influence of encapsulation and coating materials on the survival of *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium longum* in fruit juices. *Food Research International*, 53, 304-311.
- Özdamar, K., (1999). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi*. Eskişehir, Türkiye: Kaan Kitabevi, 535s.
- Patel, P., Parekh, T., and Subhash, R., (2008). Development of probiotic and synbiotic chocolate mousse: a functional food. *Biotechnology*, 7(4): 769-774.
- Perricone, M., Bevilacqua, A., Altieri, C., Sinigaglia, M., and Corbo, M.R., (2015). Challenges for the production of probiotic fruit juices. *Beverages*, 1, 95-103.
- Prado, Parada, J.L., Pandey, A., Soccol, C.R., (2008). Trends in non-dairy probiotic beverages. *Food Research International*, 41, 111-123.
- Randazzo, C.L., Pitino, I., Licciardello, F., Muratore, G., and Caggia, C., (2013). Survival of *Lactobacillus rhamnosus* probiotic strains in peach jam during storage at different temperatures. *Food Sci Technol Campinas*, 33(4), 652-659.
- Shah, N.P., Ding, W.K., Fallourd, M.J., and Leyer, G., (2010). Improving the stability of probiotic bacteria in model fruit juices using vitamins and antioxidants. *Journal of Food Science*, 75(5), 278-282.
- Sheehan, V.M., Ross, P., and Fitzgerald, G.F., (2007). Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 279-284.
- Sohail, A., Turner, M.S., Prabawati, E.K., Coombes, A.G.A., and Bhandari, B., (2012). Evaluation of *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Lactobacillus acidophilus* NCFM encapsulated using a novel impinging aerosol method in fruit food products. *International Journal of Food Microbiology*, 157, 162-166.
- Terpou, A, Papadaki, A., Lappa, I.K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L.A., and Kopsahelis, N., (2019). Probiotics in food systems: significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. *Nutrients*, 11, 1-32.
- Toker, O.S., Dogan, M., Ersöz, N.B., and Yilmaz, M.T., (2013). Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Industrial Crops and Products*, 50, 137-144.
- Tounsi, L., Karra, S., Kechaou, H., and Kechaou, N., (2017). Processing, physico-chemical and functional properties of carob molasses and powders. *Food Measurement*, 11, 1440-1448.
- Tounsi, L., Ghazala, I., and Kechaou, N., (2019). Physicochemical and phytochemical properties of Tunisian carob molasses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 20-30.
- Turhan, E.U, Erginkaya, Z., Polat, S., and Özer, E.A., (2014). Design of probiotic dry fermented sausage (sucuk) production with microencapsulated and free cells of *Lactobacillus rhamnosus*. *Turk J Vet Anim Sci*, 41, 598-603.
- Ying, D., Schwander, S., Weerakkody, R., Sanguansri, L., Gantenbein-Demarchi, C., and Augustin, M.A., (2013). Microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG in whey protein and resistant starch matrices: Probiotic survival in fruit juice. *Journal of Functional Foods* 5, 98-105.

## Types of Paeonia and Their Use in Phytotherapy

Gülbahar DEMİRBOĞA<sup>1\*</sup>, Yasin DEMİRBOĞA<sup>2</sup>, Nusret ÖZBAY<sup>3</sup>

### Abstract

Treatment with medicinal herbs dates back to the times before Christ and has been widely used all over the world for years. Today, its importance is increasing day by day and it is widely preferred because it is found more reliable. According to the World Health Organization, 20 thousand plant species are known in modern and traditional medicine. The number of plants used by the cosmetic and botanical industry is not included to the number. It takes many years to recognize a plant and use it in treatment and it is very difficult to protect it. Therefore, it is of great importance to recognize and develop the plants used in phytotherapy in the past. *Paeonia* L. (*Paeoniaceae*), known as "peony", is a perennial (geofit) plant with showy and attractive flowers and tubers under the ground. *Paeoniaceae* family is located in the rich flora of our country and has been used for their many medicinal effects. In this review article, peony species and their use in phytotherapy in Turkey and World were discussed with the studies on the subject.

**Keywords:** Paeonia, Peony, Phytotherapy, Geophyte

## Paeonia Türleri ve Fitoterapide Kullanımı

### Öz

Şifalı bitkilerle tedavi, milattan önceki zamanlara kadar uzanır ve yıllardır tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde önemi gün geçtikçe artmakta ve daha güvenilir bulunduğu için yaygın olarak tercih edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre modern ve geleneksel tıpta 20 bin bitki türü biliniyor. Kozmetik ve botanik endüstrisinin kullandığı bitki sayısı rakamlara dahil edilmemiştir. Bir bitkiyi tanımak ve tedavide kullanmak uzun yıllar alır ve onu korumak çok zordur. Bu nedenle geçmişte fitoterapide kullanılan bitkilerin tanınması ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. "Şakayık" olarak bilinen *Paeonia* L. (*Paeoniaceae*), yer altında gösterişli ve çekici çiçekleri ve yumruları olan çok yıllık (geofit) bir bitkidir. *Paeoniaceae* familyası, ülkemizin zengin florasında yer almakta ve birçok tıbbi etkisinden dolayı kullanılmaktadır. Bu derleme yazısında şakayık türleri ve Türkiye ve Dünya'daki fitoterapide kullanımları konu ile ilgili çalışmalarla tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Paeonia, Şakayık, Fitoterapi, Geofit

<sup>1</sup>Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, demirbogagulbahar@gmail.com

<sup>2</sup>Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, yasin.demirboga@gmail.com

<sup>3</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bingöl, Türkiye, nozbay@bingol.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5511-2785> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5914-7806> <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-9642-119X>

## 1. Introduction

Turkey is extremely rich in terms of plant diversity of a country. On the basis of this diversity, the presence of Turkey's on the three Phytogeographic regions, topographic diversity, diversity of climate and geological structure play role (Davis, 1965). While it was said that there were 3000-5000 species that grow naturally in Turkey until 1960, according to the studies and researches of the last 40 years, it has been revealed that this number is over 9000 today. Floristic studies in Turkey, especially in the 1700s began with Tournefort. Later, the rich flora of our country was proved with the works of E. Boissier's "Flora of Turkey and East Aegean Islands", and these studies were tried to be completed with many floristic researches made after them. According to the result of this research in terms of species compared with the flora of Central and Western European countries, Turkey is much richer (Donner, 2007).

## 2. Paeonia, Important Types

Turkey; geographical regions with differences in climate and soil characteristics, the intersection of Asian and European continents, being located at the intersection of two important Vavilov gene centers (Mediterranean and Near East), being surrounded on three sides by seas, three important phytogeographic regions (Europe-Siberia, Iran-Turan and Mediterranean). It has an important place in the world in terms of plant diversity. With the last diagnosis, there are over 12000 plant taxa in our country (Avcı, 2005; Karagöz et al., 2010). The rate of endemism of plant diversity as in Turkey (34%) in order to conserve has an important place in the world. Compared with Europe, which is 15 times larger than Turkey, that our wealth is better understood. As a matter of fact, while Greece has the most endemic species with 800 in Europe, this number is more than 3000 in Turkey (Uyanık, 2013). Twelve thousand endemic plant species grow in the world and most of these endemic plants grow in Anatolian lands. About a third, that is, four thousand. Considering that there are two thousand 400 endemic plant species throughout Europe, the value of our existence is better understood (Anonymous, 2020a). Due to the fact that Turkey has such a rich flora, geophytes show a great variety in the country. Turkey is known as more than 900 of geofits (bulbs, tubers, rhizomes) plant species (more than 1000 taxa) are (Kaya, 2016). *Paeonia* L. (*Paeoniaceae*) are perennial (geophyte) plants known as "peony", with showy flowers and underground tubers (Ünlü, 2010). *Paeonia* species are also known as 'Ayıgülü, Eşek Gülü, Bocur, Şakayık, Yer Şakayığı, Dağ Zambağı, Savul, Ayı Kulağı, Kavak Gülü, Kozluk Çiçeği, Orak Gülü Tombak' in Turkey (Baytop 1994, 1999; Tuzlacı, 2006; Tanker et al., 2007). The only herbaceous form of peony in our country; it is a perennial

plant with tubers, blooms in different colors and can grow up to 1 m. Herbaceous peony accepted as the major gene present in central Turkey Flora 11 taxa including 54 populations have been identified (Kaya, 2010) Researchers have shown that there are six species in our flora, but they are rare in nature, although tubers are exported (Baytop, 1994; Özhatay et al., 1998). Since the cultivation techniques are not known, the tubers exported are collected from nature especially the endemic-rare species are becoming extinct. Due to the insufficiency of studies on peonies; although we have the main gene center of peony, it could not be evaluated effectively because exactly how many species exist, in which regions, which species are in danger, breeding techniques and usage possibilities are not known; there was no contribution to the national economy. Up to now, all regions of Turkey have been scanned, and 54 populations have been identified and cultured from generally 500-2500m high altitude and rocky places. Only Turkey fluorescent belonging *P. turcica*, unknown subspecies of *P. xkayae* species and other species are introduced at international level. Especially the distribution of *P. peregrina* species in many regions and population differences between these locations have been highlighted (Kaya, 2010).

### 3. The Place and Importance of Phytotherapy in History

The term “phytotherapy; phytos= plant, therapy= treatment”, which can be explained as the approach of treating patients by using herbs traditionally in China and India, was first used by the French physician Henri Lenclerc who lived between 1870-1953. It is named in the magazine called Presence Medical (Sarışen et al., 2005; Sert et al, 2015). In the inscriptions dating back to 3000 years B.C., it has been proved that in some civilizations there were treatments with herbal and animal drugs. Approximately B.C. in 2500 Rig Veda, one of the important representatives of Indian medicine, has been in a parallel development with the medicine in the Far East and mentioned about a thousand medicinal plants in his reports. However, in the writings of Hippocrates, who is an important name of Greek medicine and accepted as the father of modern medicine, he mentioned about 400 herbal products. During the period of Islamic civilization, Ebu Reyhan, the author of the book “Kitâbü’s Saydana Fî’t Tıb”, a copy of which mentions about 20 medicinal plants, is in the Orhan Gazi Library, and mentioned 800 animal and herbal treatments that were accepted as reference books until the 1650s. Ibn-i Sina and Al Gafini, who wrote the book “Medicinel Law”, have important works on herbal medicine. In addition, in 1978, a commission formed by Germany prepared a report evaluating the clinical effects of 300 herbs (Nathan et al., 1999; Izzo et al., 2005).

Nowadays, the use of natural products and medicinal plants is increasingly widespread for individuals to prevent and treat disease. Because these herbal products are easily accessible and cheap, and at the same time, the amount of use has increased among the people, considering that they

are harmful to nature. Since it is natural and has no harmful effects, the consumption of many animal and herbal products, vitamins, minerals and similar substances has been increasing in recent years (Friedman, 2000; Izzo et al., 2005). According to the data of the World Health Organization, it is known that around 20 thousand plant species are used in modern and traditional types. Plant species used by the cosmetic and botanical industry are not included in this number. It was noted that in 2000 the medical and aromatic plants market share of approximately 60 billion dollars. This figure accounts for approximately 20 percent of the annual pharmaceutical market in the world. According to international reports, the global market for medicinal herbal products and medicines reached 93 billion dollars in 2015 and 107 billion dollars in 2017. The herbal products and medicines market has grown significantly over the past decade despite the economic recession worldwide. Despite the fact that Turkey is one of the most important countries, world exports of medicinal and aromatic plants in terms of medicinal and aromatic plants are not yet at the desired level. According to data of 2017 in Turkey, about 140 million dollars in the vicinities medicinal and aromatic plants performing export market has found a total of 2.5 billion dollars. Turkey exports of medicinal plants which ranks 18<sup>th</sup> of 110 countries (Anonymous, 2018).

#### 4. Its Use in Phytotherapy and Its Chemical Content

*Paeonia* flowers (Flores *paeoniae*) contain anthocyanin pigments (paeonin), flavonoids (chempferol derivatives), tannins (gallottanene, which has been proven in leaves and roots). It has been used in folk medicine in the past to treat epilepsy, rheumatism, intestinal disorders (especially seeds and roots) and cough. It has been used in homeopathy against cracks, hemorrhoids and varicose veins. It is no longer used today. However, it is sometimes added to tea blends to improve the appearance of herbal teas. The use of flowers, seeds and roots in high doses causes gastroenteritis, colic and diarrhea. *Paeonia* roots (*Radix paeoniae*) are used as emetics and emmenagogue (Bisset, 1994).

According to Baytop (1994), its roots are used as a sedative. As a result of experiments on mice, no anti-inflammatory effect was found.

The roots of *P. officinalis* species *Radix paeoniae* contain a heteroside called peonol and has astringent and antispasmodic effects. It is used an infusion sedative in epilepsy and pertussis (Tanker et al., 2007).

In Eastern countries, especially in Egypt, *Paeonia* root is used against epilepsy by being passed on the patient's chest in the form of a cross. For this reason, this drug is called "Cross of the Cross" in Egypt. In old publications, it is recorded that it is beneficial to make incense with the fruits of this plant against the palace or to hang its root around the neck of the patient (Baytop, 1999).

On the anti-inflammatory activity of *P. peregrina* and *P. daurica* species, although the methanol extract of *P. daurica* roots showed high anti-inflammatory activity compared to the standard aspirin, no significant activity was detected in *P. peregrina* roots. A study on the anti-inflammatory property of the roots of *P. daurica* species in Turkey has shown that folk medicine use of this plant is actually ready to replace drugs (Yeşilada et al., 1989; 1992).

Şener (1994) reported that the roots of *P. daurica* species had anti-inflammatory activity and concluded that it could be used instead of Moutan roots used in traditional Chinese medicine.

Orhan and Şener (2005), in their work on drug candidates of some plants in Turkey stated that anti-inflammatory activity was observed in the roots of *P. daurica* species.

Ethanol extract of *Paeonia lactiflora* roots at doses of 250 and 500 mg/ kg opposed reserpine-induced ptosis and low body temperature (hypothermia), while at a dose of 125 mg/ kg it only opposed hypothermia, and a result, *P. lactiflora* species was clearly antidepressant (Mao et al. 2008).

6860 patients and 37046 Chinese herbal medicine samples were used in a 4-year study on drugs used in Chinese herbal medicine for insomnia. There were *Carthamus tinctorius* which was most prescribed and another blend containing *Paeonia lactiflora* in its Formula. Among the most commonly prescribed examples of Chinese herbs, *P. suffruticosa* (Mu Tan Pi) and *P. lactiflora* (Shuoh- Yaw) species are also found in the most widely used herbal mixtures. Herbal mixture known as Jia-Wey--Shiau-Yau-San, consisted of *Angelica sinensis*, *Atractylodes macrocephala*, *Paeonia lactiflora*, and *Bupleurum chinense*, *Poria Cocos*, is the most used in the regulation of menopausal symptoms. This mixture has been sought to relieve critical symptoms in women who often refuse hormone intake or develop contraindications after menopause (Chen et al., 2009).

Mao et al. (2009) exposed mice to chronic uncertain stress and investigated the effect of *Paeonia* glycosides on this stress. At the end of the study, it was stated that *Paeonia* glycosides alleviated this induced depression and this antidepressant-like effect occurs through inhibition of monoaminooxidases and reduction of oxidative stress in the mouse brain. Thus, it has been proven that the relationship between *Paeonia* and the healer Paeon has a medical.

Modern researchers have found a compound in *Paeonia* roots that was formerly thought to be alkaloid but acts as a glycoside, yielding oil known as paeonol and paeonine. This oil now has limited use even in Asian medicine. Western neuropathic and homeopathic practitioners mostly use flowers and seeds (Stearn et al., 1984; Halda et al., 2004).

In the book titled "Treatment with Plants in Turkey" it has been stated that peony roots has soothing properties, and used as a sedative against epileptic seizures and cough. It has also been stated that it contains tannin, essential oil, alkaloid and paeonol in its composition and that the infusion is used as drinking 2-3 glasses a day (Baytop, 1999).



On the ethnobotanical research and evaluation of medicinal plants conducted in the Izmir region, it was noted that the roots of 14 *P. mascula* (L.) species were used as mouthwash against sore throats in the form of antihemorrhagic, antispasmodic, epilepsy, sedative, cough, whooping cough and tuberculosis (Ugulu et al., 2009).

In a study conducted in Adana and Mersin, the flowers and roots of *P. mascula* (L.) Miller (Şakayık, ayıgülü, dede gülü) species contain tannin and essential oils and purgative, stomachic, collagog, hepatoprotective. They stated that it is used in urinary system diseases, in the treatment of jaundice and as a hemagogue in the form of douching or direct application. The *P. mascula* species is known as the local 'ayıgülü' in Kahramanmaraş and its roots are used as sedative, epilepsy and cough treatment and as a respiratory regulator (Karaman et al., 2001; Everest and Öztürk, 2005).

In a study conducted in Ovacık town of Tunceli Province, Turkey, Doğan (2008) stated that the infusion prepared from the young above-ground parts of *P. mascula subsp. arietina* drunk on an empty stomach to reduce blood sugar and its young above ground parts could be used in the treatment of diabetes.

The type of *P. mascula subsp* is known as 'ayıgülü' in Turkey and its roots are used as an infusion in sedatives, antitussives and epilepsy (Fakir et al., 2009).

Ding et al. (2000) examined the effects of chemical compounds isolated from the roots of Chinese *Paeonia suffruticosa*. They reported that they play an important inhibitory role against platelet aggregation with hemorrhage and inflammation caused by bacterial infection.

In a study conducted in Turkey, *Paeonia daurica* obtained from Mesudiye town of Ordu province showed antimicrobial activity against Gram (-) bacteria, Gram (+) bacteria, mycobacterium and fungi (Tosun et al., 2011).

Picerno et al. (2011), investigating the free radical scavenging and antifungal effects of dried roots of *Paeonia rockii*, reported that methanol extract of the roots free radical scavenging and antifungal effects.

In a study on plants used in the treatment, it has been reported that *Paeonia mascula* L. Miller subsp. *Arietina* (Anders) type is used in the treatment of asthma (Melikoğlu et al., 2015).

*Paeonia mascula* L. Miller subsp. *Arietina* (Anders) in the form of decoction was also reported to be used in the treatment of diabetes in Eastern Anotolia (Arituluk and Ezer, 2012).

The anti-amnesic activity of the ethanolic extract of the *P. lactiflora* (*Paeoniaceae*) subtype, which is reported to be used against amnesia in traditional Chinese medicine was measured in vitro, it was concluded that this traditional treatment was confirmed by the study conducted by Sevim et al. (2011).

Some previous studies reported that hydroxyl and olefinic groups from resveratrol and other stilbene derivatives obtained from the leaves of *P. lactiflora* play significant antioxidant activity (Kim et al., 2002; Orhan et al., 2010).

In an in vitro study investigating the endothelium-dependent vasodilatation effect of extracts obtained from *Paeonia lactiflora* roots in isolated rat aortas, it was found that the main active components Paeoniflorin and Paeonol did not show vasodilatory effect, while some components showed endothelium-dependent vasodilator activity (Goto, 1996). In another study, it was observed that the components of both *P. lactiflora* and *P. suffruticosa* increased blood flow by inhibiting blood coagulation and platelet aggregation (Koo, 2010).

*Paeonia lactiflora* Pall has been used for over 1200 years in traditional Korean, Japanese and Chinese medicine. It is used in the treatment of fever, muscle cramps and spasms, rheumatoid arthritis, systemic lupus, dysmenorrhea, hepatitis. Pain relief has also been demonstrated in various animal models. In animal models of acute and subacute inflammation, its direct anti-inflammatory effect has been demonstrated by suppressing the increase in intracellular calcium ion concentration and inhibiting the production of nitric oxide, leukotriene B4 and prostaglandin (He et al., 2011). In another study, it was observed that *P. lactiflora* prevented itching and exhibited antiallergic effect in mice (Bomi et al., 2008).

Lee et al., (2006) evaluated the antiviral effect of the solvent prepared from the roots of the species of *P. lactiflora* Pall. in tissue culture system. The ethylacetate fraction showed strong anti-hepatitis b activity. However, other fractions showed no inhibition at the HBV DNA level.

In addition, Himalayan *Peony* (*Paeonia emodi* Royle) has been reported to be effective against epilepsy in traditional medicine for a long time (Miyazawa et al., 1984; Kirby and Schmidt, 1997; Verma et al., 2015).

## 5. Conclusion

With the increasing interest in phytotherapy in Turkey and in the world, the economic market value is also growing. It is thought that by determining the species present in the rich flora and investigating the possibilities of use in phytotherapy, we can bring beneficial returns to our country in terms of health and economy. With this review, it is aimed to draw attention to the peony plant, which has an important commercial ornamental potential and various species are used in phytotherapy. The plant is likely to be one of the important plants of the future.

## Authors' Contributions

All authors contributed equally to the study.

## Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

## Statement of Research and Publication Ethics

The author declares that this study complies with Research and Publication Ethics.

## References

- Anonymous. (2018). Determination of the problems encountered in the protection of medicinal and aromatic plant diversity, their production and marketing, and the measures to be taken. [https://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/genel\\_kurul.cl\\_getir?pEid=72598](https://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/genel_kurul.cl_getir?pEid=72598) (Access date: 09.10.2020).
- Anonymous. (2020). <https://www.trt.net.tr/vizyondergisi/vizyon-dergisi-nisan-2016/> (Access date:08.10.2020).
- Arituluk, Z. C., Ezer, N. (2012). Plants used against diabetes among people. *Hacettepe University Faculty of Pharmacy Journal*, 32(2), 179-208.
- Avcı, M. (2005). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *Coğrafya Dergisi*, Sayı 13, 28-55.
- Baytop, T., (1994). Turkish plant names dictionary. Ankara: Atatürk High Institution of Culture, Language and History - Turkish Language Association Publications.
- Bomi LeeYong-Wook ShinEun-Ah BaeSan-Jun HanJoo-Sun KimSam-Sik KangDong-Hyun Kim. (2008). Antiallergic effect of the root of *Paeonia lactiflora* and its constituents paeoniflorin and paeonol. *Archives of Pharmacal Research*, 31(4), 445-450.
- Baytop, T. (1999). *Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi*. 2. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti. Tayf Ofset Baskı.
- Bisset, N. G., Wichtl, M. (1994). Herbal drugs and phytopharmaceuticals. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers. 566 pages.
- Chen, L.-C., Chen, I.-C., Wang, B.-R. & Shao, C.-H. (2009). Drug-use pattern of Chinese herbal medicines in insomnia: a 4-year survey in Taiwan. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 34, 555-560.
- Davis, P.H. (1965). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1, Edinburgh: University Press.
- Davis, P.H. (1965). Flora of Turkey and the east Aegean islands. Vol. 1, Edinburgh: University Press.
- Ding, H. Y., Lin, H. C., Teng, C. M., Wu, Y. C. (2000). Phytochemical and pharmacological studies on Chinese *Paeonia* species. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 47(2), 381-388.
- Doğan, A. (2008). Ovacık (Tunceli) yöresinin geleneksel halk ilacı olarak kullanılan bitkileri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Farmasötik Botanik Anabilim Dalı. İstanbul.
- Donner, J. (2007). Turkey's plant distribution maps. İstanbul: Lazer Ofset Matbaa Tesisleri San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Everest, A., Öztürk, E. (2005). Focusing on the ethnobotanical uses of plants in Mersin and Adana provinces (Turkey). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 1, 1-6.
- Fakir, H., Korkmaz, M. & Güler, B. (2009). Medicinal plant diversity of Western Mediterranean Region in Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3(2), 30-40.

- Friedman, J. M. 2000. Teratology society: presentation to the FDA public meeting on safety issues associated with the use of dietary supplements during pregnancy. *Teratology*, 62, 134-7.
- Goto, H., Shimada, Y., Akechi, Y., Kohta, K., Hattori, M., and Terasawa, K. (1996). Endothelium-dependent vasodilator effect of extract prepared from the roots of *Paeonia lactiflora* on isolated rat aorta. *Planta Med.*, 62(5), 436-439.
- He. D. Y., Dai S. M. (2011). Anti-inflammatory and immunomodulatory effects of *Paeonia lactiflora* Pall., A traditional Chinese herbal medicine. *Front Pharmacol.* Feb 25; 2: 10. doi: 10.3389 / fphar.2011.00010. PMID: 21687505; PMCID: PMC3108611.
- Halda, J. J., Waddick, J. W. (2004) *The Genus Paeonia*. (Second Edition). Timber Press, 2010. 227 pages.
- Izzo, A. A, Di Carlo, G, Borrelli, F, Ernst, E. (2005). Cardiovascular pharmacotherapy and herbal medicines: the risk of drug interaction. *Int J Cardiol.* 98, 1-14.
- Karaman, Ş. & Kocabaş, Y. Z. (2001). Traditional medicinal plants of K. Maras (Turkey). *The Sciences*, 1(3), 125-128.
- Kaya, E. (2016). Türkiye biyoçeşitliliğinde geofitlerin yeri ve bazı çalışmaları. *TÜRKTÖB magazine*, 18: 69-79.
- Kirby, A. J. and Schmidt R, J. J. (1997). The antioxidant activity of Chinese herbs for eczema and of placebo herbs. *Ethnopharmacol.*, 56, 103-108.
- Koo Y. K., Kim J. M., Koo J. Y., Kang S. S., Bae K, Kim Y. S., Chung J. H., Yun-Choi H. S. (2010). Platelet anti-aggregatory and blood anti-coagulant effects of compounds isolated from *Paeonia lactiflora* and *Paeonia suffruticosa*. *Pharmazie*, 65(8): 624-8.
- Kim, H. J., Chang, E. J., Cho, S. H., Chung, S. K., Park, H. D., Choi, S. W. (2002). Antioxidative activity of resveratrol and its derivatives isolated from seeds of *Paeonia lactiflora*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 66(9). 1990-1993.
- Karagöz, A., Zencirci, N., Tan, A., Taşkın, T., Köksel, H., Sürek, M., Toker, C. and Özbek, K. 2010. Conservation and use of plant genetic resources. TMMOB Chamber of Agricultural Engineers, *Agricultural Engineering 7th Technical Congress*, p: 155-177, 11-15 January 2010, Ankara.
- Kaya, E. 2010. Türkiye şakayıklarının (*Paeonia Spp.*) kültüre alınması ve ıslahı. IV. *Süs Bitkileri Kongresi*. Erdemli, Mersin. 22-22 Ekim. 2010.
- Lee, S. -J., Lee, H. -K., Jung, M. -K. & Mar, W. (2006). In vitro antiviral activity of 1, 2, 3, 4, 6-penta-O-galloyl-b-D-glucose against hepatitis B virus. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 29(10), 2131-2134.
- Mao, Q., Huang, Z., Ip, S., Che, C. (2008). Antidepressant-like effect of ethanol extract from *Paeonia lactiflora* in Mice. *Phytotherapy Research*, 22, 1496-1499.
- Mao, Q. -Q., Ip, S. -P., Ko, K. -M., Tsai, S. -H., Xian, Y. -F. & Che, C. -T. (2009). Effects of peony glycosides on mice exposed to chronic unpredictable stress: Further evidence for antidepressant-like activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 124, 316-320.
- Melikoğlu, G., Kurtoğlu, S., and Kültür, Ş. (2015). Plants traditionally used in asthma treatment in Turkey. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 19: 1-11.
- Miyazawa, M., Maruyama, H., Kameoka, H. (1984). Essential oil constituents of "MOUTAN RADIOS CORTEX" *Paeonia moutan* Sims. (= *P. suffruticosa* Andrews). *Agricultural and Biological Chemistry*, 48(11), 2925-2927.
- Nathan M, Scholten R. (1999). The Complete German Commission E Monographs: Therapeutic guide to herbal medicines. *Annals of Internal Medicine*. 130(5), pp 459.
- Orhan, I., Şener, B., (2005). Discovery of drug candidates from some Turkish plants and conservation of biodiversity. *Pure Appl. Chem.*, 77(1), 53-64.
- Orhan, I., Demirci, B., Omar, I., Siddiqui, H. (2010). Essential oil compositions and antioxidant properties of the roots of twelve Anatolian *Paeonia* taxa with special reference to chromosome counts. *Pharmaceutical Biology*, 48(1), 10-16.
- Özhatay, N., Koyuncu, M., (1998). New trends and methods in natural products Research's, 11-38.
- Picerno, P., Mencherini, T., Sansone, T., Gaudio, P. D., Granata, I., Porta A., Rita P. (2011) Screening of a polar extract of *Paeonia rockii*: Composition and antioxidant and antifungal activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 138(3), 705-712.
- Sert E, Sert, A, Kalaycı, M. Z., Sakarya, A. A., Yüksel, Ş. B. (2015). The place of phytotherapy in oral and dental health. *Integr Medical Derg.* 3, 35-40.
- Sarışen Ö, Çalışkan D. (2005). Phytotherapy: attention to treatment with herbs. *Sted Magazine*, 14/8: 182-7.
- Sener, B. (1994). Recent results in the search for bioactive compounds from Turkish medicinal plants. *Pure and Applied Chemistry*, 60, 2295-2298.

- Stearn, W. T., Davis, P. H. (1984). Peonies of Greece: A taxonomic and historical survey of the genus *Paeonia* in Greece. The Goulandris Natural History Museum, Kifissia, Greece; 1st Edition.
- Sevim, D., Senol, F. S., Orhan, I., Şener, B., Kaya, E. (2011). Anti-amnesic activity screening of the seed ethanol extracts of Turkish *Paeonia* taxa by in vitro methods. *Planta Med.*, 77 - PM166.
- Tosun, G., Kahriman, N., Gulec Colonel, C., Alpay Karaoglu, Ş., Yaylı, N. (2011). Antimicrobial activity and volatile constituents of the flower, leaf, and stem of *Paeonia daurica* grown in Turkey. *Turk J Chem*, 35, 145–153.
- Tanker, N., Koyuncu, M. & Coşkun, M. (2007). *Farmasötik Botanik*. Ankara: Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları.
- Tuzlacı, E. (2006). Turkey Plant Dictionary. Istanbul: Alfa Publishing Distribution Ltd. Şti.
- Ugulu, I., Baslar, S., Yorek, N. & Doğan, Y. (2009). The investigation and quantitative ethnobotanical evaluation of medicinal plants used around Izmir province, Turkey. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(5), 345-367.
- Uyanık, M., Kara, M., Gürbüz, B., Özgen, Y. (2013). Türkiye’de bitki çeşitliliği ve endemizm. *Ekoloji Sempozyumu*, Tekirdağ, 2013. S. 197.
- Ünlü, S., 2010. Türkiye’nin *Paeonia* L. türleri üzerinde farmasötik botanik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi.
- Verma, R. S., Padalia R. C., Chauhan, A. (2015). Essential oil composition of Himalayan Peony (*Paeonia emodi* Royle), *Journal of Essential Oil Research*, 27(6): 477-480.
- Yeşilada, E., Mutlugil, A., Şener, B. (1992). The Antiinflammatory principle of the roots of *Paeonia daurica* . *Int. J. Pharmacognosy*, 30(1), 66-70.
- Yeşilada, E., Mutlugil, A., Şener, B. & Sezik, E. (1989). *Paeonia daurica* Andrews ve *P. peregrina* Miller’nın antieflamatuar aktivitesi. VIII. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı (İstanbul, 19-21 Mayıs 1989) Bildiri Kitabı. Cilt II. İstanbul: İ. Ü. Basımevi ve Film Merkezi; 361-364.