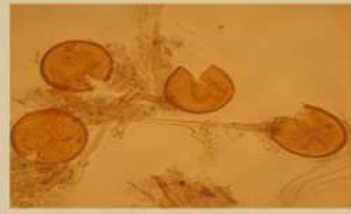


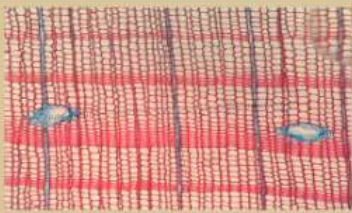


BARTIN ÜNİVERSİTESİ  
ULUSLARARASI FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

# JONAS



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2x &= \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x} & \operatorname{tg} x &= \frac{\sin x}{\cos x} \\ \lambda x - y + z &= 1 \\ x + \lambda y + z &= \lambda \\ x + y + \lambda z &= \lambda^2 \end{aligned}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^2+1} + n}{\sqrt[3]{3n^2+2n-1}}$$
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$



Bartın University International Journal of Natural  
and Applied Sciences

# Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi

*Bartın University International Journal of Natural And Applied Sciences (JONAS)*

## **Publisher and Editor's Office**

Bartın University  
Graduate School  
74100 Bartın-Turkey  
Tel: +90(378) 223 5422, Fax: +90(378) 2235424  
E-mail: jonas@bartin.edu.tr

## **Editor-in-Chief**

Hatice Selma ÇELİKİYAY, *Prof.*

## **Co-editor and Technical Editor**

Şahin PALTA, *Assoc. Prof.*  
Pınar BOLLUKCU, *Assoc. Prof.*  
Emrah ALTUN, *Assoc. Prof.*  
Parham TASLİMİ, *Assoc. Prof.*  
Uğur CENGİZ, *Assoc. Prof.*  
Pelin KEÇECİOĞLU DAĞLI, *Assist. Prof.*

## **Editorial Board**

Afer ALİFOV

Baku Engineering University, Azerbaijan.

Ahmet Alper BABALIK

Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Ahmet KARADAĞ

Yozgat University, Turkey.

Ahmet TUTUŞ

Kahramanmaraş University, Turkey.

Aysel USLU

Ankara University, Turkey.

Azize Toper KAYGIN

Bartın University, Turkey.

Azmihan AZİMOV

Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
Azerbaijan.

Barbaros YAMAN

Bartın University, Turkey.

Bülent KAYGIN

Bartın University, Turkey.

Cemil ALKAN

Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Ercan TUNÇ

Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Gonzalo Martinez BARRERA

Autonomous University of the State of Mexico, Mexico

Hamit AYBERK

İstanbul University, Turkey.

Harun PARLAR

Technical University of Munich, Germany.

İclal DİNÇER

Yıldız Technical University, Turkey.

İlham PİRMAMEDOV

Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsa HALİLOV

Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsmet Dasedemir

Bartın University, Turkey.

Joan Jose del Coz DIAZ

University of Oviedo, Spain.

**Lokman ÖZTÜRK**

Gaziosmanpaşa University, Turkey.

**Mahfuz ELMASTAŞ**

University of Health Sciences, Turkey.

**Mustafa Sabri GÖK**

Bartın University, Turkey.

**Nilgül KARADENİZ**

Ankara University, Turkey.

**Oğuzhan SARIKAYA**

Bursa Technical University, Turkey.

**Orhan UZUN**

Bartın University, Turkey.

**Osman GENCEL**

Bartın University, Turkey.

**Ömer KARA**

Karadeniz Technical University, Turkey.

**Sabir ORUCOV**

Baku Engineering University, Azerbaijan.

**Sebahat AÇIKSÖZ**

Bartın University, Turkey.

**Selma ÇELİKİYAY**

Bartın University, Turkey.

**Selman KARAYILMAZLAR**

Bartın University, Turkey.

**Witold BROSTOW**

University of North Texas, U.S.A.

JONAS is a peer reviewed journal which is published twice in a year (July and December) and only published as online. Original researches and invited review papers in English and Turkish are accepted to publication in the JONAS. The manuscripts submitted to the JONAS are double-blind peer reviewed, and the review process is completed in 30 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or rejected. Manuscripts must be submitted with the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. JONAS is an open access journal, and provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. Publishing in JONAS is free of charge.

Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences should be abbreviated as JONAS.

JONAS is open access, and the JONAS provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <http://dergipark.gov.tr/jonas>.

Both the University of Bartın and Institute of Science do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences (JONAS). The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability or utility of any information, apparatus, product or processes discussed in this publication; therefore it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced, stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc. or otherwise without the prior written permission of the JONAS and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi (JONAS) yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, JONAS'ın yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınmaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

## Contents

### Articles

### Pages

Local People's Approach to Forest Crime According to Regional Differences (Devrek, Marmaris, Kanlica Forest Management Directorates).....	109-123
<i>Bölgesel Farklılıklara Göre Yöre Halkının Orman Suçlarına Yaklaşımı (Devrek, Marmaris, Kanlica Orman İşletme Müdürlükleri)</i>	
<b>Ufuk BOSTANCI, Gökçe GENÇAY</b>	
Shading Of Tree Canopies On Intertown Roads Throughout Forest Landscapes: Abdipaşa-Ovacuma Greenway Of Turkey .....	124-134
<b>Melih ÖZTÜRK, Turgay BİRİCİK, Kâmil ÇAKIROĞLU, Ahmed Cemal ÇAKMAK</b>	
Method of Variation of Parameters for the Third-Order Linear Proportional Dynamic Equations.....	135-144
<b>Tuba GULSEN, Mehmet ACAR</b>	
Dyestuff Removal From Synthetic Textile Wastewater Using Olive Leaf As Adsorbent Material.....	145-156
<b>Büşra ÖZKUL, Neval OCAK, Burcu TAN, Tijen Ennil BEKTAŞ</b>	
Modeling of Airport Check-In Units Architectural Design and Processing Time Standards with Fuzzy Approach.....	157-167
<b>Ferhat PAKDAMAR, Çetin SÜALP</b>	
Contributions to The Carabinae and Harpalinae (Carabidae: Coleoptera) Fauna of Bartın Province....	168-176
<i>Bartın İli Carabinae ve Harpalinae (Carabidae: Coleoptera) Faunasına Katkılar</i>	
<b>Sema KARA, Azize Topar KAYGIN, Memiş KESDEK</b>	
Determination Of The K-Factor For Bending Of Aisi 304 Sheet Material.....	177-188
<i>Aisi 304 Paslanmaz Sac Malzeme Bükme İşlemi İçin K-Faktörünün Belirlenmesi</i>	
<b>Yılmaz KÜÇÜK, Eren Arif İŞİK</b>	
Adsorption of Deep Red on AC Prepared From Chestnut Shell.....	189-205
<b>Uğur SELENGİL, Derya YILDIZ, Burcu TAN</b>	
A Research on The Functions of Green Interfaces, Bartın Example .....	206-224
<i>Yeşil Arayüzlerin İşlevlerine İlişkin Bir Araştırma, Bartın Örneği</i>	
<b>Fulden GİZLİ, Hatice Selma ÇELİKİYAY</b>	



# BÖLGESEL FARKLILIKLARA GÖRE YÖRE HALKININ ORMAN SUÇLARINA YAKLAŞIMI (DEVREK, MARMARİS, KANLICA ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜKLERİ)

Ufuk Bostancı<sup>1</sup>, Gökçe Gençay<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 74100, BARTIN

## Öz

Bu araştırmanın amacı orman suçlarının yasal dayanaklarının ortaya koyulması, farklı özelliklere sahip bölgelerde yıllara göre orman suç çeşitlerindeki farklılıkların veya benzerliklerin tespit edilmesi ve bu suçların önlenmesi için bölgesel odaklı tedbir önerilerinde bulunulmasıdır. Ormanları korumak amacı ile çok iyi hazırlanmış yasal düzenlemeler bile o kuralları uygulayacak kişilerin mevzuatı iyi bilmesi ve etkilerinden çekinmesine bağlıdır. Bu nedenle bazen kurallar kusursuz olsa da sonuç toplumun bilincine ve ihtiyaçlarına göre şekillenmektedir. Çalışmada öncelikle orman mevzuatında yazılı olan hangi hareketlerin orman suçu olarak kabul edildiği, bu hareketlerin özel görünüş şekilleri ile ortaya koyulmuştur.

Bu amaçla Türkiye coğrafyasının farklı bölgelerinden üç orman bölge müdürlüğünde (Devrek Orman İşletme Müdürlüğü, Kanlıca (İstanbul) Orman İşletme Müdürlüğü, Marmaris Orman İşletme Müdürlüğü) son 10 yıl içinde tespit edilen orman suçlarının çeşit ve sayıları veri olarak kullanılmıştır. Araştırmanın hipotezi seçilen bölgelerdeki ormanların ve çevresinin çeşitli özelliklerine göre (ağaç türü, orman varlığı, orman köy sayısı, nüfus, kültürel ve sosyo ekonomik durumlar, iklim vb.) orman suç çeşitlerinin miktarlarının değiştiği üzerine kurulmuştur. Ardından suç çeşitleri ve oranları dikkate alınarak özgün bir anket formu oluşturulmuş hem yetkili kişiler ile hem de yöre halkı ile görüşmeler sağlanmıştır. Anket çalışması ile farklı bölgelerde farklı suç çeşitlerine eğilimin olup olmadığı, eğer bölgesel farklılıklar ile suç çeşitleri arasında bir ilişki var ise bu suçların önlenmesinde yine bölgesel özelliklerden faydalanarak çeşitli önlemler geliştirilmesi hedeflenmiştir. Anket sonuçları ve suç oranları değerlendirildiğinde ise bölgesel farklılıkların orman suç çeşitleri ve miktarlarına etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman suçları, orman mevzuatı, ceza etkinliği, bölgesel farklılıklar

## LOCAL PEOPLE'S APPROACH TO FOREST CRIME ACCORDING TO REGIONAL DIFFERENCES (DEVREK, MARMARİS, KANLICA FOREST MANAGEMENT DIRECTORATES)

### Extended Abstract

The aim of this research is to reveal the legal basis of forest crimes, to determine the differences or similarities of forest crimes in regions with different characteristics over the years, and finally to suggest measures according to regional characteristics in order to take the necessary measures to prevent these crimes. Even well-prepared legal regulations to protect forests depend on the people who will apply those rules to know the legislation well and to be afraid of its effects. For this reason, sometimes the rules are perfect, but the result is affected according to the consciousness and needs of the society. In the study, first of all, which actions written in the forest legislation are accepted as forest crimes are revealed with the special appearances of these actions. Then, the types and numbers of forest crimes detected in the last 10 years in three forest regional directorates (Devrek Forestry Management Directorate, Istanbul Forestry Operations Directorate, Marmaris Forestry Operations Directorate) from different regions of Turkey were used as data. The hypothesis of the research is based on the fact that the amount of forest crime types varies according to the various characteristics of the forests and their environment in the selected regions (tree type, forest presence, number of forest villages, population, cultural and socio-economic conditions, climate, etc.). Then, a unique questionnaire was created by taking into account the crime types and rates, and interviews were made with both the authorized persons and the local people. With the survey study, it was aimed to develop various measures by taking advantage of regional characteristics to prevent these crimes, if there is a

#### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Gökçe GENÇAY; Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği  
Bölümü, 74100, Bartın-Türkiye.

Geliş (Received) : 13.05.2023

Kabul (Accepted) : 28.07.2023

Basım (Published) : 31.12.2023

tendency to different types of crime in different regions, and if there is a relationship between regional differences and crime types. When the survey results and crime rates are evaluated, it has been determined that regional differences have an effect on forest crime types and amounts.

**Key Words:** Forest crimes, forest legislation, penal efficiency, regional differences

## 1. Giriş

Toplum içerisinde yaşayan insanların eşit şartlarda, adaletli, düzenli ve huzurlu bir şekilde hayat yaşamalarını sağlamak için bazı kurallara ve bu kurallara uyulmaması durumunda maddi yaptırımlara ihtiyaç duyulmuştur. Toplum düzenini sağlamak amacıyla belirlenen bu kurallar kendi içerisinde çeşitli dallara ayrılmıştır. Hukuk kuralları içerisinde düzenli ve huzurlu yaşamı sağlamak adına koyulan kurallara uyulmaması sonucu yaptırımlar uygulayan dala ceza hukuku denir (Mercimek, 2019).

Cezalar, tarih boyunca suçla mücadelede en etkili ve en çok kullanılan yöntem olmuştur (Kızmaz, 2005). Suç için belirlenen maliyetin fazla olması suçun işlenme durumunu azaltacaktır (Liska, 1987; Kızmaz, 2005). Suç işleyen birine verilen ceza, onun tekrar ceza işleme olasılığını azalttığı gibi toplumda da suç işleme potansiyeli olan şahısları yasaklanan davranışlardan kaçınmasına sebep olmaktadır. İlk durumda cezanın caydırıcı etkisi görülürken, ikinci durumda toplum düzeyinde de yasaklanan eylemi önleme işlevi görülmektedir (İçli ve Ögün'e atfen Kızmaz, 2005). Bu durumun orman suçları için de geçerli olduğu söylenebilir.

Türkiye'de orman sayılan yerler içerisinde işlenen suçlar, orman suçlarını oluşturmakta olup orman suçlarını ve cezalarını içeren hukuk kuralları, ceza hukukunun özel hukuk alanı içerisinde kalmaktadır. Özellikle orman içi veya bitişik yerleşim yerlerinde yaşayan insanların orman bütünlüğünü bozmaması, ormanı tahrip etmemesi ve suç olarak sayılacak davranışlardan kaçınarak ormana zarar vermemesi için caydırıcı hukuk kuralları gerekmektedir. Suç sayılan eylemlerde bulunulması halinde karşılaşılabilecek yaptırımların açıkça belirtilmesi toplum üzerinde caydırıcı etki oluşturmakta ve hukukun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

Ormanlık tarihine bakıldığında, geçmişte insanlar ormandan serbestçe yararlanmış (Talu, 1944), ormanlara verilen tahribatın sonuçları tam olarak kestirilememiş, barınmak, beslenmek ve avcılık amacı ormanlar üzerindeki baskıyı artırmıştır. Ormanlar üzerindeki baskı ormanlara ciddi oranda zarar vermiş ve ormanlardan faydalanmak belirli kurallara bağlanmıştır. 1870 Orman Nizamnamesi ile ormanlara zarar veren fiil ve davranışlar orman suçu sayılmış ve yaptırıma bağlanmıştır (Birben vd., 2019).

Ormanlardan faydalanmayı ormancılık tekniği ve hukuk düzeni çerçevesinde belirlemek, ormana zarar veren davranışları yasaklamak, yasağa aykırı davranışları cezalandırmak orman bütünlüğünü korumak için oluşturulan yöntemlerdendir (Elvan, 2005).

Hukuk kuralları ceza vermek amacı ile değil yasak davranışların önüne geçmek amacı ile belirlenmiş kurallardır. Ormanın varlığını ve sürdürülebilirliğini tehdit altına alacak her türlü davranışın yasalar çerçevesinde yasaklanması ve yaptırımının olmasının öncelikli amacı suçun işlenmemesi üzerinedir. Davranışları düzenlemek için koyulan kuralların ilk amacı zarar verici davranışların önlenmesidir. Tahribata sebep olan davranışların engellenmesi ormanın bütünlüğünü ve sürdürülebilirliğinin devamı açısından oldukça önemlidir. Yasaklanan davranışlarda bulunanların eylemleri sonucunda ne gibi yaptırımlarla karşılaşacağına bilincinde olması, suçun işlenmesini engellemekte ve caydırıcı olmaktadır.

Türkiye'de ağaç kesme suçu ve kaçakçılık suçları hakkında yapılan bir araştırma anketinde, yerel halk cezası olmasına rağmen suçu işlemekten vazgeçmeyeceğini belirtmiştir (Yüksel vd., 2009). Bunun sebeplerinden biri de toplumun başka geçim kaynağının olmaması bu suçları işlemekten vazgeçememelerine neden olmaktadır. Toplum bu düşünceden uzaklaştırmak için bireylere ormandan kazanç sağlamak adına iş verilmesi, verimsiz orman topraklarını "özel ağaçlandırma" yöntemiyle halka kiralanması ve elde edilen kazançla ekonomik sıkıntılarının giderilmesi sağlanmaktadır. Bu sahalarda gelir getirici türlerin yetiştirilmesiyle toplumun ormana olan ihtiyacının ve ormana verdiği zararın azaldığı görülmektedir.

Ormanlardan faydalanmanın birçok şekli olduğu için farklı bölgelerde farklı ihtiyaçlar için kullanılabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin havanın daha soğuk olduğu bir bölgede ısınma ihtiyacını karşılar, tatil bölgelerinde halkın stresini atacağı, dinleneceği bir alan olarak değerlendirilmektedir. Bu farklılık bölgelerde orman suç çeşitlerinin ve oranlarının değişiklik göstermesine sebep olabilmektedir. Araştırmanın ana konusu;

farklı bölgelerde orman suçlarının gösterdiği farklılıkları ve halkın ormana bakış açısını ele almaktır. Bu nedenlerle çalışmanın devamında öncelikle ormanların önemi ve orman suçları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

### 1.1. Ormanların Önemi

Ormanlar canlı türlerinin en az üçte ikisine yaşam alanı sağlar ve dünyadaki biyolojik çeşitliliğin %80'ini oluşturur (Contreras-Hermosilla, 2001). Ormanlar sadece insanoğlunun yararlanıp kullandığı değil tüm canlıların da sığınağı durumundadır. Ormanlara yapılan en küçük müdahale tüm canlıları etkileyebilmektedir.

20. yüzyılda ve içinde bulunulan yüzyılda hızla artan nüfus için ortaya çıkan gereksinimlerin büyük bölümü doğal kaynaklardan karşılanmaktadır. Doğal kaynak olarak en önemlilerden olan ve ülke ekonomisi için gün geçtikçe değeri artan ormanların devamlılığının sağlanması, geliştirilmesi ve bunun yanında tahribatına sebep olacak davranışların engellenmesi için korunması bir zaruret haline gelmiştir. Çünkü gelişmekte olan bir ormandan elde edilmek istenen yarar ancak korunarak ve devamlılığının sağlanmasıyla elde edilebileceği bilinmektedir (Bilgili, 2014). Ayrıca ormanlar milli savunma konusunda da etkin rol oynamaktadır. Birçok askeri harekette de ormanların fonksiyonu çok ciddi önem taşımaktadır (Saatçioğlu, 1974).

Ormanların, ülke ve milletlerin huzur ve geleceği için dolaylı ve faydalı etkileri vardır. Orman tahribatı ve ormanın dolaylı faydalarının bozulması toprağın fakirleşmesi, kuraklık, su taşkınları, kuraklaşma gibi ekonomik ve kültürel çöküntülere sebep olmaktadır. Ormanların korunması ve geliştirilmesi, atmosferdeki sera gazı birikimini azaltmakta ve bu etki de iklim krizinin önlenmesine olanak sağlamaktadır (Geray & Okan, 2008). Ormanları toplum için vazgeçilmez yapan özellik, uygun bir şekilde yönetildiği ve işletildiği durumda ormanlar devamlı olarak insanlığa fayda sunacak olmasıdır (Heske, 1957).

Ormanlar iklim değişikliğinin sebep olduğu küresel ısınmanın olumsuz etkilerini de azaltmaktadır. Ormanlar atmosferin aşırı ısınmasına engel olur, yağış oluşumunda önemli rolü bulunur, karbondioksiti emer ve oksijen sağlar, toprak ve içindeki canlıları aşırı sıcak ve aşırı soğuktan oluşacak olumsuzluklardan korur (Kırış & Toprak, 2007).

### 1.2. Orman Suçunun Tanımı ve Çeşitleri

Ormanlar, yaşamın başlangıcından günümüze kadar insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri, ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için sürdürülebilirliği olan en değerli kaynaklardan biri olarak görülmüştür. Ormanları geliştirmenin yollarından biri de ormanlara zarar veren eylemleri engellemek için yasaklamaktır. Orman zararını en aza indirmek için cezalar dünya genelinde de kullanılmaktadır. İnsanoğlunun bu yenilenebilir enerjiyi uzun süre kullanabilmesi için kurallar koymasıyla orman kavramı daha farklı olarak ele alınmaya başlamıştır (Velioğlu, 2008).

Ormanları korumak için düşünülen ilk çözüm zararı engellemek için çıkarılan kurallar olmuştur. Yasal ve idari düzenlemeler ormanları kurallara göre işletmek ve onları korumak için çıkarılmıştır. Ormana zarar veren eylemleri suç olarak kabul edip suçun karşılığı olarak ceza verilmesi kararlaştırılmıştır. Ormanlara doğrudan veya dolaylı olarak zarar veren, geleceğini tehlike altına alan eylemleri engelleyen, ormanların gelişmesini ve korunmasını sağlayan bu yasaklara 'orman suçları' denilmektedir (Güneş, 2004). Orman suçlarının engellenmesi ağaçların, orman örtüsünün ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlamaktadır (Bayındır, 2016). Orman suçları sadece maddi olarak zarar değil tehlike oluşturan davranışları da kapsamaktadır. Örneğin ormanda ateş yakılması orman yangınına sebebiyet vermese bile suç olarak tanımlanmıştır (Ayanoglu & Güneş, 2003).

6831 sayılı Orman Kanunu'na Aykırı Fiiller;

1. Dikiliden Ağaç Kesilmesi (Kesme) Suçu
2. İşgal ve Faydalanma Suçu
3. Kullanma (Sarf) Suçu
4. Nakil (Taşıma) Suçu
5. Orman Yangını Suçları
6. Fidan Ekim Sahasını Bozma Suçu
7. Açma Suçları
8. Otlatma Kabahati
9. Kömür Yapma Fiili
10. Zati ve Müşterek İhtiyaçlar ile İlgili Suçlar

11. Avlanma Suç ve Kabahatleri
12. İzinsiz Tesis Kurma Suçları
13. İzinsiz Maden Ocağı Açma Suçları (OGM, 2011).

## 2. Materyal ve Yöntem

Ormanların geleceğini doğrudan veya dolaylı olarak tehdit eden, gelişme ve korunmasını katkı sağlayan yasaklara orman suçları denilmektedir. Orman suçları 6831 sayılı Orman Kanunu'nda maddeler halinde belirtilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü, orman suçlarının daha anlaşılır olması için tebliğler yayımlayarak bu suçları ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır. 6831 sayılı Orman Kanunu'nda ilgili maddelerce belirtilen suç oluşturan davranışlarla karşılaştığında izlenecek adımları anlatan "Ormanların Kanun Dışı Müdahalelerden Korunma Esasları" adlı 293 nolu tebliğ 2011 yılında yürürlüğe girmiştir.

Bu çalışmada Devrek, Kanlıca, Marmaris Orman İşletme Müdürlükleri (OİM) sınırları içerisinde son on yılda işlenen orman suçları hakkında veriler elde edilmiştir. Araştırmacı ormancılık sektöründe çalıştığı, bölgelerin özelliklerini bildiği ve gerekli bilgilere kolay ve güvenilir bir şekilde ulaşabildiği için bu bölgeler seçilmiştir. Birbirinden farklı orman özelliklerine sahip olmaları, çevresinde yaşayan halkın farklı kültürel yapıya sahip olmaları (İstanbul kalabalık nüfuslu bölge, Devrek orman köylüsünün çoğunlukta olduğu bölge, Marmaris yangına hassas yazlık bölge) ve Karadeniz, Marmara ve Ege gibi üç farklı bölgede işlenen orman suçlarındaki farklılıkların değerlendirilmesi amacıyla bu bölgelerde araştırma yapılmıştır.

Orman Genel Müdürlüğü'nün resmî sitesinden alınan bilgilere göre Türkiye'nin verimli orman alanı 13.083.510 ha, toplam ormanlık alanı 22.740.297 ha ve genel alanı 78.004.644 ha olarak bildirilmiştir. Türkiye'nin yüzölçümünün %29,2'si ormanlık alanla kaplıdır (OGM, 2021). Bu çalışmada örnek alan olarak seçilen Devrek OİM genel alanı 81.058,80 ha iken toplam orman alanı 53.788,20 ha'dır (URL-1, 2021). Devrek OİM'nin %66,36'sı orman alanıdır. Kanlıca OİM'nin genel alanı 102.685,40 ha iken toplam orman alanı 39.903,20 ha'dır (URL-2, 2021). Kanlıca OİM'nin %38,86'sı orman alanıdır. Marmaris OİM'nin genel alanı 138.005,30 ha iken toplam orman alanı 116.481,40 ha'dır (URL-3, 2021). Marmaris OİM'nin %84,40'ı orman alanıdır.

Devrek, Kanlıca ve Marmaris OİM içerisinde en büyük Marmaris iken en fazla orman varlığı olan müdürlük yine Marmaris OİM'dir. Çalışmada örnek alan olarak seçilen ve bu işletme müdürlüklerine bağlı olan orman işletme şefliklerinde tutulan son 10 yıllık suç tutanakları incelenmiş, müdürlük bünyesinde çalışan yetkili personellerle görüşülmüş, araştırma yapılan bölgelerde anket çalışması yapılarak işlenen suçların bölgelere göre göstermiş oldukları farklar ele alınmıştır. OİM'nin Türkiye üzerindeki coğrafi konumları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Zonguldak, Kanlıca ve Marmaris OİM'nin coğrafi konumları.

Çalışmaya başlamadan önce Devrek, Kanlıca ve Marmaris Orman İşletme Müdürlüklerinden son 10 yıla ait suç tutanakları çalışma hakkında gerekli açıklamalar yapılarak talep edilmiştir. İşlenen suçların sonucunda tutulan suç tutanaklarının sayısı ve suç neveleri temin edilmiş, bölgelere göre suç tutanak sayıları ve suçun türleri bakımından incelenmiştir. Ortaya çıkan farklılıklar hakkında bölgenin orman köylüleri ve müdürlük personelleri ile buldukları müdürlük bünyesinde suçların ne sebeple işlendiğinin ortaya konulması amacıyla özgün bir anket hazırlanmış ve uygulanmıştır.

Genel müdürlüğün istatistiki verilerinin yanı sıra, toplumun orman suçları konusunda doğrudan görüşünü değerlendirme amacıyla sosyal bilgiler alanında en çok kullanılan yöntem olan anket yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra bölgesel farklılıklar ve mevzuat dikkate alınarak bu çalışma için özgün bir anket oluşturulmuş-tur. Katılımcıların soruları objektif yanıtlayabilmesi için katılımcılardan isim veya imza istenmemiştir.

Bölgesel farklılıkların orman suçlarına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla seçilen bölgelerdeki orman köylüleri ile rastgele yöntemle yüz yüze anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket iki bölüm halinde hazırlanmıştır. Anket çalışmasının ilk bölümünde katılımcıların cinsiyeti, yaşı, eğitim durumu, mesleği, bulunduğu bölgede kaç yıldır ikamet ettiği, hane halkı sayısı gibi genel bilgilerin olduğu soruların cevaplanması istenmiştir. Anket çalışmasının ikinci bölümünde 16 adet soru hazırlanmış, katılımcıların sorulara vereceği cevaplar göz önünde bulundurularak farklı bölgelerde yaşayan orman köylülerinin ormanların insanlardan korunmasının gerekip gerekmediği, yaşadıkları bölgede ormana en çok hangi suçun zarar verdiği, devletin ormanı korumadaki yeterliliği, ormanlarda karşılaşılan ve insan gücüne ihtiyaç duyulan durumlarda gönüllü olarak yardım edilme durumu, ormanları korumada etkili olabilecek yöntemleri, orman suçları hakkında bilgi düzeyi, kanunda belirtilen orman suçlarından hangisinin daha önemli görüldüğü, orman suçlarının hangi gerekçelerle işlendiği, ormanda suçla karşılaşma durumunda ihbar etme ihtimali, orman köylülerinin ormanlardan faydalanma durumu, ormanın topluma sağladığı yararlar, ormanların mülkiyetinin şahıslara geçirilmesi durumunda suç işlenme oranının değişimi, orman işletmesinin halkı bilinçlendirmek için eğitim verip vermediği, orman işletme personeliyle ilişkileri, ormanlarda geçmişten günümüze kesim miktarındaki değişim gibi çeşitli sorulara vereceği cevaplarla bölgelere göre orman suç bilinci ve ormanlar hakkındaki genel düşünceleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler sayısallaştırılmış, sonuçlar bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Anket çalışmaları haricinde seçilen bölgelerdeki müdürlük personeline orman suçlarının yüksek olmasının sebebi, orman suçlarını engellemek için bölgesel özel çalışmaların olup olmadığı, bölgede orman suçlarının engellenmesi için alınan önlemler, bölgedeki en yüksek orman suçunun öne çıkmasının sebebi, müdürlük bünyesinde çalışan orman muhafaza memuru sayısının yeterliliği, kullanılan ORBİS sistemine suç tutanaklarının aktarılmasının nedeni gibi sorular sorulmuş verilen cevaplar anket sonuçları ile karşılaştırılarak bulgular kısmında değerlendirilmiştir.

Bu araştırmada, Devrek, Kanlıca ve Marmaris bölgesinde işlenen orman suç çeşit ve sayıları ile orman köylüleri ile yapılan anket çalışmalarından elde edilen veriler hem ülke genelindeki veriler ile hem de kendi aralarında karşılaştırılmış, elde edilen sonucun istatistiki veriler ile tutarlı olup olmadığının değerlendirilmesi yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Orman Suçları ile İlgili Sayısal Veriler

Orman suçları dünyanın her bölgesinde ormanın varlığını ve devamlılığını etkileyen faktörlerin en önemlilerinden olmaktadır. Toplumların bir arada ve düzenli yaşamasına olanak sağlayan hukuk kuralları orman suçlarının engellenmesi için de uygulanmıştır. Ormanların sürdürülebilirliğine etki edecek olumsuz davranışlar kanun olarak yasaklanmış ve bu davranışların engellenmesi için cezalar konulmuştur. Orman suçlarının kanunla yasaklanmış olması bu suçların tamamen önlenmesi anlamına gelmemektedir. Devrek OİM’de 2012-2021 yıllarında tutulan orman suçu sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

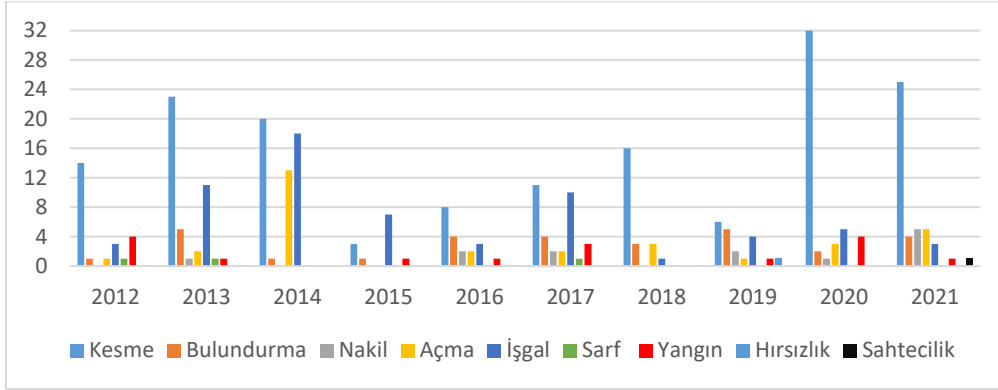
Tablo 1. Devrek OİM’de son 10 yılda gerçekleşen orman suçu sayıları

Suç Yılı	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ağaç Kesme	14	23	20	3	8	11	16	6	32	25
Bulundurma	1	5	1	1	4	4	3	5	2	4
Nakil	-	1	-	-	2	2	-	2	1	5
Açma	1	2	13	-	2	2	3	1	3	5
İşgal ve Faydalanma	3	11	18	7	3	10	1	4	5	3
Sarf	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Orman Yangını	4	1	-	1	1	3	-	1	4	1
Hırsızlık	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Sahtecilik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Devrek OİM’de son 10 yılda 319 adet orman suçu işlenmiştir. En yüksek suç türü 158 adet ile ormandan ağaç kesme suçudur. Orman suçunu 65 adet ile işgal ve faydalanma suçu izlemektedir. 2020 yılı 32 adet ile kesme



suçunun en çok işlendiği yıl olmuştur. 10 yıllık periyotta ormandan ağaç kesme ve işgal ve faydalanma suçundan sonra müdürlük sınırları içerisinde 32 adet açma, 30 adet bulundurma, 16 adet yangın, 13 adet nakil, 3 adet sarf, 1 adet hırsızlık, 1 adet resmi belgede sahtecilik suçundan suç tutanağı düzenlenmiştir. 2014 yılı toplam 52 adet ile en çok suçun işlendiği yıl olmuştur. Devrek OİM’de 10 yıllık süre içerisinde suç oranları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Devrek OİM son 10 yıllık suç oran değişimi.

Orman alanı toplamı 53.788,20 ha olan (URL-1, 2021) Devrek OİM’de suç sayılarına bakıldığında kesme suçunun diğer suçlardan daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 2’de görüldüğü gibi Devrek OİM’de 2020 ve 2021 yıllarında kesme suçunun diğer yıllara göre artmıştır.

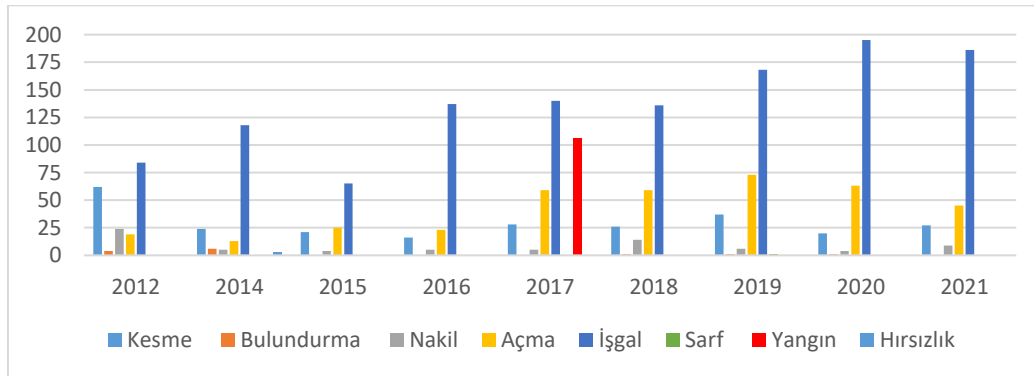
Kanlıca OİM’de 2012-2021 yıllarında tutulan suç sayıları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kanlıca OİM’de son 10 yılda gerçekleşen orman suçu sayıları

Suç Yılı	2012	2013*	2014	2015	2016	2017*	2018	2019	2020	2021
Ağaç Kesme	62	-	24	21	16	28	26	37	20	27
Bulundurma	4	-	6	-	-	-	1	1	1	-
Nakil	24	-	5	4	5	5	14	6	4	9
Açma	19	-	13	25	23	59	59	73	63	45
İşgal ve Faydalanma	84	-	118	65	137	140	136	168	195	186
Sarf	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Orman Yangını	-	-	-	-	-	106	-	-	-	-
Hırsızlık	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-

\*2013 yılı verileri bulunamamıştır. 2017 yılı hariç diğer yıllara ait yangın verilerine ulaşılamamıştır.

Kanlıca OİM’de son 10 yılda 2.068 adet orman suçu işlenmiştir. En yüksek suç türü 1.229 adet ile işgal ve faydalanma suçudur. İşgal ve faydalanma suçunun en yüksek olduğu yıl 195 adet ile 2020 yılıdır. En çok işlenen ikinci suç ise 379 adet ile açma suçudur. 10 yıllık süre içerisinde işlenen diğer suçların ise 261 adet ormandan ağaç kesme, 106 adet yangın, 76 adet nakil, 13 adet bulundurma, 3 adet hırsızlık, 1 adet sarf suçu olduğu tespit edilmiştir. Kanlıca OİM’de suç sayısının en yüksek olduğu yıl, 338 adet ile 2017 yılı olmuştur. Kanlıca OİM’de 10 yıllık süre içerisinde suç oranları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Kanlıca OİM’de son 10 yıllık suç oran değişimi.



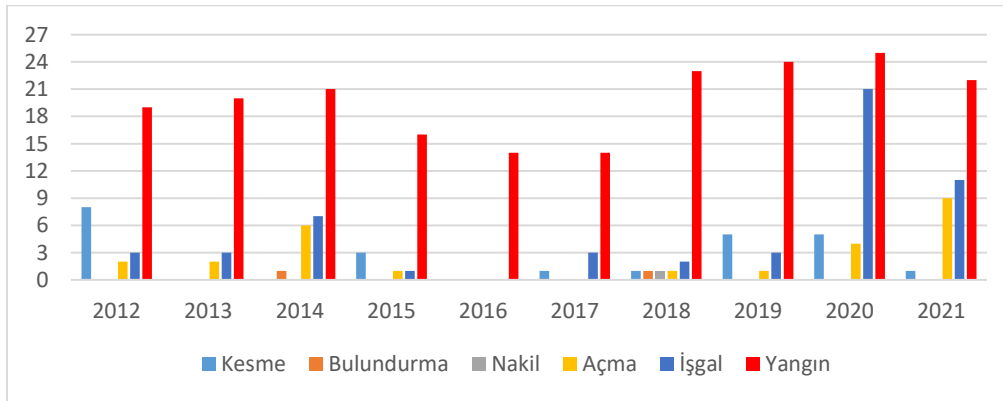
Toplam orman alanı 39.903,20 ha olan (URL-2, 2021) Kanlıca OİM’de işlenen en yüksek suç açık ara farkla işgal ve faydalanma suçudur. Suç sayıları içerisinde işgal ve faydalanma suçunun yıllar geçtikçe artan bir grafiğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Marmaris OİM’de 2012-2021 yıllarında tutulan suç sayıları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Marmaris OİM’de son 10 yılda gerçekleşen orman suçu sayıları

Suç Yılı	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ağaç Kesme	8	-	-	3	-	1	1	5	5	1
Bulundurma	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Nakil	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Açma	2	2	6	1	-	-	1	1	4	9
İşgal ve Faydalanma	3	3	7	1	-	3	2	3	21	11
Orman Yakma	19	20	21	16	14	14	23	24	25	22

Marmaris OİM’de son 10 yılda 305 adet orman suçu işlenmiştir. Bu suçlardan en yükseği ise 198 adet ile yangın suçudur. Yangın suçunun en yüksek olduğu yıl 25 adet ile 2020 yılı olmuştur. Yangın suçundan sonra ikinci yüksek suçun 54 adet ile işgal ve faydalanma suçu olduğu tespit edilmiştir. Araştırma yapılan 10 yıllık dönemde yangın ve işgal faydalanma suçundan sonra 26 adet açma, 24 adet kesme, 2 adet bulundurma, 1 adet nakil suçu işlenmiştir. 55 suç tutanağı düzenlenen 2020 yılı en çok suç işlenen yıl olmuştur. Marmaris OİM’de 10 yıllık süre içerisinde suç oranları Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Marmaris OİM’de son 10 yıllık suç oran değişimi.

Marmaris OİM’nin toplam orman alanı 116.481,40 ha’dır (URL-3, 2021). Son 10 yıllık periyotta en çok yangını suçu işlendiği tespit edilmiştir. Şekil 4’te gösterildiği gibi Marmaris OİM’de suç tutanağı sayılarının en az olduğu yıllar 2016 ve 2017 yıllarıdır. Özellikle 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında orman yangını suçu son 10 yıllık periyotta diğer yıllardan daha fazladır.

En çok ormanlık alana 116.481,40 ha ile Marmaris OİM’de sahip ancak en çok suç tutanağı Kanlıca OİM’de tutulmuştur. Bölgeler arası suç türleri içerisinde ormandan ağaç kesme, işgal ve faydalanma ve orman yangını suçları öne çıkmaktadır. Bulunulan alandaki yaşayış tarzı, ihtiyaçlar, iklim türü gibi değişkenler sebebi ile öne çıkan suç türlerinde gözle görülür değişiklikler görülmektedir. Türkiye genelinde son 10 yıldaki suç sayılarında olduğu gibi son yıllarda Devrek OİM, Kanlıca OİM ve Marmaris OİM’de de gözle görülür bir artış bulunmaktadır.

Orman Genel Müdürlüğü iş kapsamı içerisine giren durumların daha ayrıntılı ve anlaşılır olması için tebliğler yayınlamaktadır. Kanunun ilgili maddelerince suç olan davranışlar karşısında yapılacak işlemleri anlatan “Ormanların Kanun Dışı Müdahalelerden Korunması Esasları” isimli 293 nolu tebliğ 2011 yılında yayımlanmıştır. Orman koruma ekiplerinin yapısı, suçüstü, arama, el koyma, idari para cezaları, suç tutanaklarının uygulanma aşamalarını ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır. Ormanların yasadışı müdahalelerden korunması, kendi özel resmi kıyafetleri olan ‘orman muhafaza memuru’ olarak görev yapan ekipler tarafından gerçekleştirilmektedir. Korunan alanın büyüklüğü kurulan ekip sayısını değiştirmektedir. 2.500 ha’dan daha büyük alanların korunması için 2-7 kişilik ekip görev yapmaktayken 500 ile 1.500 ha arasında değişen alanlarda ise 1-2 kişilik ekip görev yapmaktadır. Kurulan ekipler bulunduğu şefliklerdeki bölmelerde 4 ay içerisinde en az 1 defa koruma faaliyetlerini gerçekleştirmekle görevlidirler. Suç yoğunluğuna göre koruma faaliyetlerini daha sık

yapmaktadırlar. Ekipler yasadışı faaliyetlerin sonucunda faili belli olmasa dahi suç tutanağı düzenleyerek görevlerini ifa etmektedirler.

### 3.2. Anket Sonuçları

Devrek, Kanlıca ve Marmaris orman işletme müdürlüklerindeki kayıtlara göre suç türü ve sayıları elde edildikten sonra her müdürlük için anket çalışması yapılmış, anket çalışmalarının sonuçları yöntem bölümünde belirtilen analizlere göre değerlendirilmiştir. Ankete toplam 339 kişi katılım göstermiştir. İki bölümden oluşan anketin ilk bölümünde; bulunduğu yerde kaç yıldır yaşadığı, eğitim durumu, cinsiyeti, yaş grubu, gelir kaynağı, hanede yaşayan insan sayısı gibi kişisel sorular sorulmuştur. Ankete katılım gösterenlerin %62,2'si erkek, %37,8'i kadındır. Katılımcıların eğitim durumunda %33,3 oranında ilköğretim öne çıkmış, ikinci en yüksek oran ortaöğretim olmuştur. Yaş grubu olarak 65 yaş üstü, buldukları bölgede 20 yıl üzeri ikamet cevapları en yüksek oranlara sahip olmuştur. Hanede yaşayan kişi sayısına %47,2 ile seçilen en yüksek oran 3-5 kişi cevabı olmuştur. Katılımcılara gelir kaynakları sorulmuş, en yüksek oranın emeklilik, ikinci yüksek oran ise hayvancılık olarak tespit edilmiştir.

Ankete katılım gösteren şahıslar, geri kalan grubu temsil edebilecek ve anket çalışmasının amacına uygun özelliktedir. Orman suçları yüksek oranda beden gücü gerektiren suçlardır. Bu durumun orman suçlarını erkeklerin işleme potansiyelini arttırması katılımcıların erkek oranının daha yüksek olması çalışma için tercih edilen bir durum olmuştur. Çalışma her eğitim seviyesini temsil etme amacına uygun olarak yapılmış olsa da öncelikli hedefi daha çok kırsal kesimde bulunan, ormana yakın yerlerde yaşayan, eğitim düzeyi yüksek seviyede olmayan insanların orman suçlarıyla ilgili düşüncelerini değerlendirmektir. Bu nedenle katılımcıların eğitim düzeyleri ele alındığında en yüksek oranlarının ilköğretim, ortaöğretim ve lise olması çalışma amacına uygun bir durumdur. Ankete katılım gösterenlerin geçimlerini yüksek oranda hayvancılık ve ormancılıktan sağlamaları, gelir düzeylerinin düşük olması, ısınmak için oduna ihtiyaç duymaları, orman bitişğinde ya da ormana yakın yerlerde yaşamaları, orman suçuyla karşılaşmaları ya da orman suçu işleme ihtimallerini yükselteceği için anket sonuçlarının doğruluğu için önemlidir.

Katılımcıların suçlarla ilgili bilgi düzeylerini, orman suçları ile ilgili düşüncelerini ölçmek amacıyla anketin ikinci bölümü hazırlanmıştır. Genel olarak ormanların insanlardan korunması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır (%77). Anket sonuçları değerlendirildiğinde Devrek bölgesinde devletin denetim konusunda diğer bölgelere oranla yetersiz kaldığı (%47) ancak Kanlıca (%54) ve Marmaris (%70) bölgesinde denetimin yeterli düzeyde yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Katılımcıların yüksek oranda orman kanununda yer alan orman suçlarını bildikleri sonucuna varılmıştır (%71). Bölgelerdeki orman işletmesi tarafından orman suçlarıyla ilgili eğitim verilmesiyle ilgili soruya ise Devrek (%50) ve Kanlıca (%50) bölgesindeki halkın yarısı, Marmaris (%71) bölgesindeki halkın ise çoğunluğu orman suçlarıyla alakalı eğitim aldıklarını beyan etmiştir. Katılımcıların yaşamları boyunca ormanla temas halinde olmaları, yaşadıkları ortamda orman suçlarıyla karşılaşmaları veya orman suçu işlemleri, orman işletmesinin vermiş olduğu eğitimler orman suçları hakkında bilgi edinmelerini sağlamıştır.

Katılımcıların yüksek çoğunluğu orman suçuyla karşılaşması durumunda işlenen suçu orman işletmesine ihbar edeceği sonucunu işaretlemiştir (%94). Anket bölgelerindeki katılımcıların çoğunluğu işletme personeliyle ilişkilerinin iyi olduğunu belirtmiştir (%72). Orman işletmesi personeliyle ilişkilerin iyi olması, kişilerin çekinmeden orman suçunu ihbar etmelerine olanak sağlamaktadır.

Anket bölgeleri incelendiğinde orman köylülerine tanınan yasal haklar konusunda Devrek (%46) bölgesindeki en yüksek oran kısmen biliyorum cevabı iken Kanlıca (%65) ve Marmaris (%45) bölgesindeki Katılımcıların çoğunluğu bu haklar konusunda çok az bilgisinin olduğunu belirtmiştir. Ormandan faydalanma sorusu sorulduğunda Devrek (%58) ve Kanlıca (%62) bölgesindeki çoğunluğun ormandan yeteri kadar faydalanmadığı, Marmaris (%48) bölgesindeki katılımcıların ise yarısına yakın oranda ormandan yeteri kadar faydalanmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Orman işletmeleri özellikle orman köylülerine tanınan yasal haklar konusunda toplumun bu konuda daha bilinçli hale gelmesi için eğitimler düzenlemelidir.

Bölgelere bakıldığında Marmaris (%100) bölgesindeki katılımcıların tamamı, Devrek (%96) ve Kanlıca (%98) bölgesindeki katılımcıların ise tamamına yakını yangın gibi durumlarda gönüllü olarak çalışmalarda yer almak istediğini belirtmektedir. Orman yangınlarında saniyelerin bile değerli olduğu durumlarda halkın gönüllü olması çok önemlidir.

Günümüzde ormanlardaki kesim miktarı sorulduğunda ise Devrek, (%98) Kanlıca (%92) ve Marmaris (%88) yani tüm bölgelerde “çok daha fazla olduğu” cevabının verildiği ortaya çıkmıştır. Katılımcıların yoğunluk olarak 65 yaş ve üstü olması geçmiş yıllar ile kıyaslanabilmesi açısından sorunun amacına uygundur. Sonuç olarak ülkemizde ormanlar üzerindeki bu baskının üretim amaçlı olduğu ve giderek arttığı tespit edilmiştir.

Katılımcılara yaşadıkları bölgede en çok hangi orman suçunun orman varlığına ve bütünlüğüne zarar verdiği sorusu sorulmuş ve bölgelere göre cevapların yüzdesi Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Bölgelere göre ormana en çok zarar veren suçlar

Ormana en çok zarar veren suçlar	Devrek	Kanlıca	Marmaris	Ortalama
Ağaç kesme	74,8	23,3	0,0	34,2
Orman yangını	0,0	9,5	97,1	33,0
İşgal ve Faydalanma	0,0	46,6	0,0	15,9
Kaçakçılık	24,4	15,5	2,9	14,7
Açma	0,8	5,2	0,0	2,1

\*Değerler yüzde olarak verilmiştir.

Anket sonuçları incelendiğinde çalışma yapılan bölgelerde ormana en çok zarar veren suçlara verilen cevaplar farklılık göstermiştir. Devrek bölgesinde orman varlığı ve bütünlüğüne en çok zarar veren suçun ormandan “ağaç kesme suçu” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İnsanların ısınmak için odun hammaddesine ihtiyaç duyması, gelir düzeylerinin yetersiz olması gibi nedenler bu suçun işlenme oranını arttırmaktadır. Ağaç kesme suçu geçmişten günümüze ormanların harap olması, ormanların bütünlüğünün ve sürdürülebilirliğinin tehlike altına girmesinin başlıca nedenleri arasındadır. Ülkemizde de ormanların devamlılığının sağlanması için ağaç kesme suçunun işlenme oranının düşürülmesi, halkın eğitimlerle bilinçlendirilmesi, gelir düzeylerinin artırılarak ormanlar üzerindeki baskının azaltılması amaçlanmalıdır.

Kanlıca bölgesinde “işgal ve faydalanma suçu” ormana en çok zarar veren suç olarak cevaplanmıştır. Özellikle arazi değerinin yüksek olduğu İstanbul ve çevresi gibi yerlerde fabrika, tekstil, ev, toprağı işlemek için tarım arazisi, gibi çeşitli amaçlarda kullanılmak için orman toprağı işgal edilmek istendiği düşünülmektedir.

Marmaris bölgesinde ise “orman yakma suçu” ormana en çok zarar veren suç olarak cevaplanmıştır. Orman yangını suçu zamanında söndürülemediğinde çok büyük orman arazilerinin zarar görmesine, bölge halkının yaşam alanlarının zarar görmesine hatta bu sebepten can kayıplarına da yol açabilmektedir. Yangının genel olarak istemeden çıkarılması bu konudaki bilgi yetersizliğini gözler önüne sermektedir. Yangın suçunun failinin diğer suçlara oranla bulunmasının daha zor olması hukukun etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu konuda halkın eğitimlerle sık sık bilgilendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Sonuç olarak bu değerlendirmelere göre bölgeler arasında önemli görülen suç çeşitlerinde farklılık olduğu görülmektedir.

Orman suçlarının işlenme sebepleri araştırıldığında katılımcıların verdikleri cevaplar ormana zarar veren suçların nedenlerini ortaya koymaktadır. Bölgelere göre orman suçlarının işlenme sebepleri sorusuna verilen cevap oranları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Bölgelere göre orman suçlarının işlenme sebepleri

Orman suçlarının işlenme	Devrek	Kanlıca	Marmaris	Ortalama
Cezaların caydırıcılığının az	17,6	81,0	16,3	38,9
Oduna olan ihtiyaç	68,1	14,7	2,9	29,8
İstemeyerek	0,8	1,7	64,4	20,6
Gelir yetersizliği	12,6	2,6	0,0	5,3
Suç olduğunu bilmemek	0,0	0,0	16,3	5,0
Orman idaresi ile uyumsuzluklar	0,8	0,0	0,0	0,3

\*Değerler yüzde olarak verilmiştir.

Devrek bölgesindeki katılımcılar orman suçlarının işlenmesindeki en büyük sebebin “oduna olan ihtiyaç” olduğunu düşünmektedir. Kanlıca bölgesinde “cezaların caydırıcı olmadığı” sonucuna ulaşılmıştır. Marmaris bölgesinde ise katılımcıların çoğunluğu orman suçlarının “istemeyerek” işlendiği cevabını vermiştir. İnsanların ısınmak için odun ihtiyacının tam olarak karşılanamadığı, cezaların suçların işlenmesini azaltmadığı ve halkın gözünde yetersiz olduğu bu nedenle hukukun yeteri kadar caydırıcı olmadığı ve insanların dikkatsiz

davranışlarıyla istemeyerek orman suçu işlediği sonuçlarına ulaşılmıştır. Görülmektedir ki orman suçlarının işleniş sebepleri arasında da bölgesel farklılıklar bulunmaktadır.

Ankete katılanlara ormanların yasadışı müdahalelerden korunmasına etki eden faktörlerin hangilerinin daha önemli olduğu sorulmuştur. Ormanların korunmasında etkili olan faktörler bölgelere göre Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Bölgelere göre ormanların korunmasında etkili olan faktörler

Ormanların korunmasında etkili olan faktörler	Devrek	Kanlıca	Marmaris
Yasal düzenlemenin varlığı	64	13,8	1
Cezaların yüksek olması ve caydırıcılığı	98	93,1	46,2
Halkın bilinçlendirilmesi	29	34,5	94,2
Halkın gelir düzeyinin arttırılarak ormana olan	0,8	0,9	0
Daha fazla orman koruma memuru istihdam	3,4	6,9	10,6
Denetimin arttırılması	76,5	52,6	59,6
Diğer	0,8	0,9	0

\*Birden fazla şık işaretlenmeye izin verildiği için her şık kendi içinde seçilip seçilmemesine göre yüzde oranlanmıştır.

Devrek ve Kanlıca bölgesi ormanların korunmasında “cezaların yüksek olması ve caydırıcılığı” en önemli faktör olarak değerlendirmiştir. Marmaris bölgesinde ise katılımcılar ormanların korunmasındaki en önemli faktörün “halkın bilinçlendirilmesi”, “yasal düzenlemenin varlığı” seçeneği olduğunu düşünmektedir. Anket yapılan bölgeler genel olarak denetimin arttırılmasının ormanların korunmasında önemli bir etki yapacağını düşünmektedir.

Ormanların çoğunluğunun devlet eliyle yönetildiği bilinmektedir. Her bölgedeki katılımcının “Orman mülkiyetinin devlete ait değil de özel şahıslara ait olması, sizce orman suçlarının azalmasında ve ormanların korunmasında fark yaratır mıydı?” sorusunu cevaplaması istenmiştir. Bölgelerdeki katılımcıların cevaplarına göre ormanların özel mülkiyete ait olmasının orman suçlarına etkisi ile ilgili oranlar Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Bölgelere göre ormanların özel mülkiyete ait olmasının orman suçlarına etkisi

Ormanların özel mülkiyete ait olması	Devrek	Kanlıca	Marmaris	Ortalama
Evet	84,9	64,7	62,5	71,1
Belki olabilir	6,7	19,8	26,0	17,1
Hayır	8,4	15,5	11,5	11,8

\*Değerler yüzde olarak verilmiştir.

Orman işletmelerinin bünyesinde bulunan işletme şefliklerinin alan olarak çok büyük olması, personel sayısının yeteri düzeyde olmaması, koruma kontrollerinin de tam olarak yapılamamasına neden olabilmektedir. Anket çalışması yapılan bölgelerdeki katılımcılar ormanların özel mülkiyete ait olmasıyla orman suçlarının azalacağını düşünmektedir. Özellikle Devrek bölgesinde bu oran diğer bölgelere göre daha yüksek çıkmıştır. Katılımcılar ormanların özelleştirilmesiyle şahısların sahip oldukları alanı daha iyi koruyacağını düşünmektedirler.

Ormanların topluma sağladığı faydalar hakkında bölge katılımcılarının düşünceleri alınmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Bölgelere göre ormanların topluma sağladığı faydalar

Ormanların topluma sağladığı faydalar	Devrek	Kanlıca	Marmaris
Odun hammadde kaynağı	100	94	51
Odun dışı orman ürünleri (cıra, defne)	91,6	73,3	26,9
Estetik güzellik	6,7	13,8	67,3
Rekreasyonel (piknik, dinlenme alanı)	6,7	20,7	41,3
Temiz, kaliteli hava, oksijen tüketimi	33,6	80,2	92,3
Erozyon ve sellerden korunma aracı	68,1	46,6	62,5
Çeşitli orman işlerinde istihdam imkânı	72,3	14,7	15,4

\*Birden fazla şık işaretlenmeye izin verildiği için her şık kendi içinde seçilip seçilmemesine göre yüzde oranlanmıştır.

Tablo 8’de görüldüğü gibi her bölge için ormanların topluma sağladığı faydalar farklılık göstermiştir. Devrek ve Kanlıca bölgeleri ormanların toplum için en önemli faydası odun hammadde kaynağı olmuştur. Isınma ihtiyacını karşılamak için odun çok önemli bir yer tutmaktadır. İkinci en önemli fayda olarak Devrek bölgesinde odun dışı orman ürünleri, Kanlıca bölgesinde temiz, kaliteli hava seçeneği öne çıkmıştır. Odun dışı orman ürünleri orman köylüsünün ek gelir kaynağı olması sebebiyle önem arz etmektedir. Marmaris bölgesinde ise ormanların topluma

sağladığı en önemli fayda temiz, kaliteli hava olmuş, ikinci fayda olarak estetik güzellik sonucu çıkmıştır. Erozyon ve sellerden korunma aracı seçeneği araştırma yapılan bölgelerde birbirine yakın değerlerde seçilmiş, bu durumda katılımcılar genel olarak ormanların bu konuda önemli bir görev üstlendiğini düşünmektedir. Ormanda bulunan ağaçlar erozyon ve sel taşkınlarının şiddetini azaltmakta ve oluşacak can ve mal kayıplarını en aza indirmektedir. Ormanlardaki üretim işlerinin gerçekleştirilebilmesi için insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Devrek bölgesinde yüksek oranda ormanların çeşitli orman işlerinde istihdam imkanı sağladığı sonucu ortaya çıkmıştır. Orman işlerinde çalışma önceliği orman köylülerine verilmiş, köylülerin kalkınmasına destek sağlamak amaçlanmıştır. Estetik açıdan değerlendirildiğinde ormanlar doğayı ve canlıları içinde barındıran eşsiz güzellikte oluşumlardır. Ayrıca ormanlar insanların şehrin gürültüsünden uzaklaştığı, dinlenme, piknik gibi çeşitli aktiviteler için kullandığı alanlardır.

### 3.3. Orman İdaresi Personeli Görüşleri

Orman suçlarında bölgesel farklılıkların tespiti amacıyla anket çalışması halk ile yapıldıktan sonra orman işletme personeli (orman muhafaza memuru, orman işletme şefi vb.) ile orman suçları ve alınan önlemler konusunda yüz yüze görüşmeler yapılmıştır.

Devrek OİM personeli ile yapılan görüşmelerde orman suçlarının yüksek olmasının başlıca sebebinin odun hammaddesine ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır. Bölgedeki orman sınırları içerisinde suçların yoğun olarak işlendiği yerlerde suç ve suçluların tespitinin sağlanması amacıyla fotokapanlar yerleştirilmiştir. Toplu koruma ekiplerince sürekli olarak koruma kontrollerinin yapılmasının orman suçlarının azalmasında önemli caydırıcı etkisi olduğu söylenmiştir. Bölgede görülen en yüksek suçun ormandan ağaç kesme suçu olduğu bunun sebebinin ise maddi imkansızlık, oduna olan ihtiyaç, son zamanlarda ısınmak için kullanılan diğer yakıt türlerine yapılan zammı halkın karşılayamaması olarak açıklanmıştır. Müdürlükte çalışan orman muhafaza memuru açığının 2020 yılındaki alımda önemli ölçüde giderildiği belirtilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü'nün kullanmış olduğu ORBİS sisteminde suç tutanaklarının depolandığı ve ihtiyaç durumunda kısa sürede suç tutanaklarına erişimin sağlandığı ayrıca sisteminin geliştirilme aşamasında olduğu, Adalet Bakanlığının kullanmış olduğu UYAP sistemine doğrudan bilgi aktarımı yapılacağı böylece tutulan suç tutanaklarının daha hızlı sürede Cumhuriyet Savcılığına ulaştırılmasının amaçlandığı ifade edilmiştir.

Kanlıca OİM personeli görüşlerine göre; cezaların caydırıcılığının az olmasının orman suçlarının yüksek sayıda işlenmesine sebep olduğu söylenmiştir. Orman suçlarının engellenmesi için koruma faaliyetlerinin her şefliğin kendi toplu koruma ekibince sıklıkla yapıldığı, orman yangını vb. suçlar için yangın ilk müdahale ekiplerinin hazır beklediği ifade edilmiştir. Bölgede görülen en yüksek suç oranının işgal ve faydalanma suçu olduğu buna İstanbul'daki arazinin değerli olmasının sebep olduğu belirtilmiştir. Müdürlükte çalışan Orman Muhafaza Memuru sayısının yeterli olmadığı, norm kadronun yarısının dolu olduğu söylenmiştir. ORBİS sistemine suç tutanaklarının depolanma amacıyla aktarıldığı ancak asıl amacın UYAP sistemiyle bütünleşmiş şekilde çalışmak olduğu dile getirilmiştir.

Marmaris OİM personeli ise, orman suçlarının istemeyerek (yangın gibi taksir ile orman suçu işlenmesi) işlendiğini belirtmiştir. Orman suçlarının engellenmesi için sıklıkla koruma faaliyetlerinde bulunulduğu ve orman köylülerine bilgilendirme toplantısı yapılarak halkın bu konuda bilinçlenmesinin amaçlandığı dile getirmiştir. Bölgedeki en yüksek suç oranının orman yakma suçu olmasının nedeni halkın bilinçsizce, taksirle yangına sebep olması olarak ifade edilmiştir. Orman muhafaza memuru sayısının yeterli olmadığı %50 oranında norm kadronun boş olduğu belirtilmiştir. ORBİS sistemine suç tutanaklarının aktarılmasının, bilgiye hızlı ulaşma ve depolama kolaylığı sağlaması açısından önemli olduğu açıklanmıştır.

Müdürlük personelleriyle yapılan görüşmelerde genel olarak orman suçu oranının düşürülmesi için toplu koruma ekiplerince koruma faaliyetlerinin yüksek seviyede sürdürülmesi gerektiği açıkça belirtilmiştir. Orman muhafaza memuru sayısının Devrek bölgesi dışında yeterli seviyede olmadığı ve bu sebeple koruma faaliyetlerinde aksaklıklar olabileceği düşünülmektedir. Her bölgede öne çıkan suç türünün değişiklik göstermesi, yöre halkının ormana olan bakış açısının farkını ortaya koymaktadır. Orman köylüsüne indirimli verilen odun miktarının artırılması, ormanda çalışma imkanında önceliğin orman köylüsüne verilmesinde daha dikkatli davranılması, halkın orman yangını vb. suçlarda bilinçlendirilmesi önem arz etmektedir. ORBİS sistemine aktarılan suç tutanakları hem depolanması hem de Adalet Bakanlığı tarafından kullanılan UYAP sistemiyle bütünleştirilmesi, bu sayede tutulan suç tutanaklarının çok kısa süre içerisinde ilgili Cumhuriyet Savcılığına ulaştırılması açısından önemli görülmektedir.



#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu araştırma, Türkiye'deki orman suçlarının bölgelere göre farklılıklarının tespiti, katılımcıların orman suçları hakkındaki bilgi düzeylerinin ölçülmesi ve orman suçları ile ilgili hukukun etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Ülkemizin üç ayrı bölgesinde bulunan Devrek OİM, Marmaris OİM ve Kanlıca OİM sınırlarında işlenen orman suçları, halkın orman suçları hakkındaki düşünceleri, suçun işlenme sebebi, sosyo ekonomik sebepler, halk ile yüz yüze yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Araştırma yapılan bölgelerde halk ile yapılan anket çalışmasından elde edilen verilere göre bölgeler ormanların insanlardan korunması gerektiği düşünülmektedir. Devrek bölgesi en yüksek oranda ormanların insanlardan korunması gerektiğini düşünen bölge olmuştur. Bunun sebebi ise orman köylüsünün yakacak odun ihtiyacını karşılamak için ormanlardan kaçak ağaç kesmesi ve bu suçun diğer suçlara oranla daha kolay ve sürekli olarak işlenebilmesidir.

Devlet ormanları korumak için yeterli denetim yapıyor mu? sorusu sorulmuş ve bölgeler karşılaştırıldığında %70,2 oranında denetimin yeterli olduğunu düşünen en yüksek bölge Marmaris bölgesi olmuştur. Marmaris bölgesinde öncelik ormanlardan emval üretmek değil ormanların varlığını korumaktır. İklim şartları ve orman ağaçlarının ibrelî tür olması bölgeyi her an yangın çıkma ihtimali ile karşı karşıya bırakmaktadır. Marmaris bölgesinde orman emvali üretimi az olduğu için toplu koruma ekipleri koruma faaliyetlerini aksatmadan yapabilmektedir.

Ormana en çok zarar veren suçlar değerlendirildiğinde her bölgede farklı bir suç ön plana çıkmaktadır. Devrek bölgesindeki halk ormana en çok ağaç kesme suçunun zarar verdiğini düşünmektedir. Orman köylülerinin ormanı odun ihtiyacını karşılama alanı olarak görmesi ve bölgede en çok ağaç kesme suçunun işlenmesi halkın bu suçu öne çıkarmasına sebep olmuştur. Yasadışı ağaç kesme suçu ormanların kalitesini bozmakta ve ormansızlaşmaya sebep olmaktadır (Contreras-Hermosilla, 2001). Kanlıca bölgesinde yapılan ankette ise işgal ve faydalanma suçu öne çıkmıştır. Kanlıca OİM İstanbul ilinde bulunmaktadır. Arazi değerinin çok yüksek olduğu İstanbul ve çevre illerde fabrika, tekstil, tarım arazisi, konut gibi çeşitli amaçlarla insanlar orman alanlarını usulsüz müdahalelerde bulunarak işgal etmektedir. Marmaris'te yapılan ankette ise halk ormana en çok zararı orman yangınının verdiğini düşünmektedir. Ülkemizde en çok orman yangını görülen bölgelerin başında Marmaris bölgesi gelmektedir. İklim, ağaç cinsi, tatil bölgesi olması sebebiyle insanların piknik, dinlenme gibi aktivitelerini orman alanlarında gerçekleştirmesi, orman yangını riskini artırmaktadır.

Devrek halkı orman suçlarının işlenme sebebine oduna olan ihtiyaç cevabını vermiştir. Bölge halkı ormanı yakacak odun ihtiyacını karşılamak için kullanmaktadır. Devrek OİM son 10 yıllık periyotta en çok ağaç kesme suçunun işlenmesi de halkın ormana bakışını ortaya koymaktadır. Kanlıca bölgesi orman suçu işlenme sebebine cezaların caydırıcılığının az olması, Marmaris bölgesinde istemeyerek suç işlenmesi cevaplarını vermiştir. Kanlıca İstanbul ilinde kaldığından işgal ve faydalanma suçunun güçlü ekonomiye sahip birey veya firmalar tarafından işlendiği düşünüldüğünde cezalar yeterince caydırıcı olmadığı söylenebilmektedir. Marmaris halkı, insanların orman suçunu bilmeden, istemeyerek işlediğini düşünmektedir. Piknik gibi aktivitelerde yapılan dikkatsiz davranışlar çok büyük orman yangınlarına sebebiyet verebilmektedir.

Seçilen alanlarda yapılan anket çalışmalarından elde edilen ortalamaya göre katılımcıların %70,5'inin orman suçları hakkında yeterli bilgi düzeyine sahip olduğu tespit edilmiştir. Orman suçlarının kanunlarla yasaklanması gelişmekte olan ülkelerde sık kullanılan bir yöntemdir. Marmaris halkı işletme personeli tarafından orman suçları ile ilgili yeterli eğitim verildiğini düşünmekte ancak diğer bölgelerde yapılan anket sonuçlarında halkın yarısı eğitimin verildiğini diğer yarısı da eğitimin verilmeyişini düşünmektedir. Devrek ve Kanlıca bölgesindeki orman işletme personelinin halka orman suçları ile ilgili daha fazla eğitim vermesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Araştırma yapılan bölgelerde, halk %94,1 ortalama ile orman suçuyla karşılaşması durumunda bu suçu ihbar edeceğini belirtmiştir. Katılımcılar orman suçlarına karşı hassas davranmaktadır. Orman işletme personeliyle ilişkileri sorulduğunda, %72,3 oranında ilişkilerinin iyi olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Orman idaresi personelinin halk ile iyi iletişim kurması, halkın personele çekinmeden soru sorma, yapacağı davranışın suç olup olmadığını rahat bir şekilde öğrenme imkanı da tanımaktadır.

Anket çalışması yapılan bölgelerde halkın orman köylülerine tanınan haklar konusunda çok az bilgiye sahip oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca orman köylüleri %56,3 oranında ormandan yeteri kadar faydalanmadığını belirtmiştir. Orman köylüleri, kendine tanınan haklar konusunda yeterli bilgi sahibi olmadığı için ormandan yeteri



kadar faydalanamadığı düşünülmektedir. Orman işletmeleri belirli aralıklarla köylerde orman köylülerinin yasal hakları ile ilgili eğitim vererek halkın bu konudaki bilgi eksikliğini gidermelidir. Katılımcılar %71,1 oranında ormanlar özel mülkiyete ait olduğunda orman suçlarının azalacağı cevabını vermiştir. Halk orman işletme ekiplerinin denetimde yetersiz kaldığını, kendilerine ait olacak orman arazisini daha iyi koruyarak suçların azalmasını sağlayacaklarını düşünülmektedir.

Anket sonuçları incelendiğinde %92,9 oranında geçmişten günümüze ormanlardaki kesim miktarının daha fazla olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ülkemiz ormanlarındaki bu baskının üretim amaçlı olduğu ve yıllar geçtikçe arttığı tespit edilmiştir. Katılımcılar %97,9 oranında orman yangını vb. toplumu etkileyen durumlarda gönüllü olarak yardıma edeceğini belirtmiştir. Özellikle orman yangını gibi eğitilmiş insan gücüne ihtiyaç duyulan durumlarda halkın gönüllü olarak yardıma gideceğini belirtmesi oldukça değerlidir.

Orman köylüleri ormanların insanlara sağladığı faydalar konusunda bölgelere göre farklı cevaplar vermiştir. Devrek bölgesindeki halk ormanı odun hammadde kaynağı olarak görmektedir. Kanlıca bölgesi halkı temiz, kaliteli hava olarak ormanlardan faydalandığını belirtmiştir. Marmaris bölgesinde ise halk ormanların temiz hava ve estetik güzellik olarak topluma fayda sağladığını düşünülmektedir. Devrek bölgesinde odun ihtiyacı öne çıkarken, Kanlıca halkı sanayileşmenin fazla olması sebebiyle hava kirliliğiyle karşı karşıya kalmakta ve ormanları temiz ve kaliteli hava alanı olarak görmektedir. Marmaris bölgesindeki halk ormanların estetik güzelliklerini de vurgulamıştır. Genel olarak üç bölge halkı da ormanları erozyon ve sellerden korunma aracı olarak görmektedir. Ormandaki ağaçlar erozyon ve sellerin şiddetini önemli ölçüde azaltmakta, can ve mal kayıplarını en aza indirmektedir.

Araştırma yapılan bölgelerde yıllara göre orman suç sayılarındaki değişim incelendiğinde, orman suçlarının son yıllarda artarak devam ettiği tespit edilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü'nün 2020 yılında yapmış olduğu çok yüksek sayıda personel alımı sonrası orman suç tutanaklarında önemli artış gözlemlenmiştir. Bölgeler arasında en fazla suçun Kanlıca OİM sınırları içerisinde işlendiği sonucuna varılmıştır. Bulduğu bölgedeki nüfus yoğunluğunun fazla olması suç sayılarının fazla olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Genel alanı en çok olan bölge Marmaris bölgesi olmasına rağmen son 10 yıllık periyotta en az suç tutanağı Marmaris OİM'de tutulmuştur. Bölgede en fazla görülen suçun orman yakma suçu olması ve diğer suçların az oranda işlenmesi bu sonucu ortaya çıkarmıştır.

Kastamonu'da yapılan araştırmada seçilen iki işletmede işlenen suç çeşitleri incelenmiş, suç oranlarının düşük olmasının sebeplerinden bir tanesinin de genç nüfusun iş bulmak ve okumak için köylerden şehirlere göç etmesi olarak değerlendirilmiş, ekonomik değeri yüksek suçların büyük şehirlere yakın bölgelerde kaçırılan emvalin kolay taşınabileceği yerlerde işlendiği sonucuna varılmıştır (Mercimek, 2019).

Yapılan diğer araştırmalar incelendiğinde, hukukun egemen olduğu ülkelerde orman suçlarının çok daha az sayıda olduğu ve güçlü cezaların olmadığı, yargı bağımsızlığına inanılmadığı durumlarda hukukun etkisiz olduğu görülmektedir. (Colhester, 2006). Orman suçlarının yüksek sayıda işlenmesi ormancılık mevzuatında cezaların yeterli düzeyde olmaması ve denetlemelerin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır (Wardojo vd., 2001; Worl Bank, 2006). Orman suçlarının giderek artması dikkate alındığında, devletin orman arazilerini yerel topluluklar ile yönetmesini sağlayan "topluluk orman yönetimi" ile orman suçlarının daha güvenilir bir şekilde önenebileceği belirtilmiştir (Brunner vd., 1999).

Benzer çalışmalar incelendiğinde Bangladesh'te yaşayan kırsal halk ile anket çalışması yapılmış ve kanuna aykırı kesimlerin sebepleri orman kanunu hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları, daimi iş bulamamaları ve geçim sıkıntısı çekmeleri olarak değerlendirilmiştir (Mukul vd., 2014). Orman suçlarının işleme sebeplerini inceleyen bir diğer çalışmada da anket yapılmış, gelir düzeyi düşük bölgelerde halkın ormandan yakacak odunu ihtiyacını karşılamak gibi ekonomik değeri düşük suçları işlediği, gelir düzeyi yüksek bölgelerde ise orman toprağının işgal edildiği ve ekonomik değeri yüksek odunların hukuka aykırı olarak kesimi suçlarının işlendiği incelenmiştir (Chhetri vd., 2012).

Mercimek (2019) tarafından yapılan araştırmada, halkın gelir düzeyi yüksek olduğunda orman ürünlerine ihtiyaç azalmış, eğitim düzeyi yükseldikçe orman suçu ve yaptırımlara olan bilinç yükselmiş ve suç oranlarında düşüş görülmüştür.

Araştırma yapılan bölgelerde personel ile yapılan yüz yüze görüşmelerde, orman suçlarının engellenmesi için denetimlerin artırılmasının gerekliliği belirtilmiştir. Bölgelerde periyotlar halinde yapılacak orman köylülerini

bilgilendirme toplantılarında orman suçları ve cezaları hakkında bilgi verilmesinin orman suçlarını azaltacağı öngörülmektedir. Personelle yapılan görüşmelerde köylülerle yapılan anket sonuçlarında olduğu gibi, yakacak odun ihtiyacı, toprağın değerinin yüksek olması sonucu orman toprağının işgal edilmesi ve istemeyerek suçun işlendiği sonucuna varılmıştır.

Marmaris bölgesinde öncelik orman varlığını korumak olduğu için korumada aksaklıklar yaşanmamaktadır. Kanlıca ve Devrek bölgesinde ormanlarda üretim yoğun olarak yapılmakta ve bu durumda koruma kontrollerinde aksaklıklar olabilmektedir. Müdürlüklerdeki orman muhafaza memuru eksikliğinin tamamlanması ile koruma faaliyetlerindeki sorunların giderileceği düşünülmektedir.

Kanunda belirtilen cezaların suçu işleyenlerin gelirlerine göre belirlenmesi gelir düzeyi yüksek olan yerlerde suçları azaltabileceği düşünülmektedir. Devrek ve Kanlıca bölgelerinde işletmeler tarafından orman köylülerine düzenli aralıklarla orman suçları ve orman köylülerinin yasal hakları ile ilgili eğitim verildiğinde halkın bilincinin artacağı ve orman suçu işleme oranının düşeceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasının hipotezi doğrulanmış, bölgesel farklılıkların orman suçlarına ve halkın bakışına etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

### Bilgi Notu

Bu çalışma, Doç. Dr. Gökçe Gençay danışmanlığında Ufuk Bostancı tarafından hazırlanmış olan yüksek lisans tezinin bir parçasından oluşturulmuştur.

### Teşekkür

Makalenin hazırlanış sürecinde, düşünce, görüş ve desteklerinden dolayı Devrek, Kanlıca ve Marmaris orman işletme müdürlerine ve müdürlük personeline teşekkür ederim.

### Kaynaklar

1. **Ayanoğlu, S. & Güneş, Y. (2003).** *Orman Suçları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Rektörlük no: 4420, Fakülte no:471. 167 s.
2. **Bayındır, S. (2016).** *Orman Suçları*. Legal Yayıncılık. 268-270 s.
3. **Bilgili, E. (2014).** Orman koruma dersi geçici yayınlanmamış ders notları, 155.
4. **Birben Ü, Ünal H.E. & İmal, U. (2019).** Orman Suçlarında Toplumsal Algı: Kırıkkale İl Merkezi Örneği, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 495-505.
5. **Brunner, J., Seymour, F., Badenoch, N. & Ratner, B D. (1999).** Forest problems and law enforcement in Southeast Asia: The role of local communities. World Resources Institute. 21.
6. **Chhetri, B.B.K., Larsen, H.O. & Smith-Hall, C. (2012).** Law enforcement in community forestry: Consequences for the poor. *Small-Scale Forestry*, 11, 435-452.
7. **Colchester, M. (2006).** Justice in the forest: rural livelihoods and forest law enforcement (Vol. 3). Cifor.
8. **Contreras-Hermosilla, A. (2001).** Forest law enforcement. World Bank, Washington DC.
9. **Elvan, O. (2005).** Ağaç Kesme Suçunun Orman Kanunu Açısından İncelenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 55(1), 237-260.
10. **Geray, U., & Okan, A. G. T. (2008).** Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Ormanlar.
11. **Güneş, Y. (2004).** Orman suçlarının ceza hukuku açısından incelenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 54(1), 143-164.
12. **Heske, F. (1957).** Türkiye’de ormanların ekonomik ve sosyal bakımdan ehemmiyeti. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 7(1), 140-151.
13. **Kırış, R., & Toprak, S. (2007).** İklim Değişikliğinde Ormanların Rolü. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 379-384.
14. **Kızmaz, Z. (2005).** Ceza veya kriminal yaptırımın suç oranları üzerindeki caydırıcı etkisi.
15. **Liska, Allen E. (1987).** Perspectives on Deviance, USA: Prentice- Hall.
16. **Mercimek, A., (2019).** Kastamonu orman bölge müdürlüğünde orman suçlarında toplum bilinci ve hukukun etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
17. **Mukul, S.A., Herbohn, J., Rashid, A.Z.M.M. & Uddin, M.B. (2014).** Comparing the effectiveness of forest law enforcement and economic incentives to prevent illegal logging in Bangladesh. *International Forestry Review*, 16(3), 363-375.
18. **OGM, (2011).** Ormanların Kanun Dışı Müdahalelerden Korunması Esasları Tebliğ No: 293.

19. **OGM, (2021).** 2021 Yılı Performans Programı. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/PerformansProgrami/OGM%202021%20YILI%20PERFORMANS%20POGRAMI.pdf>
20. **Saatçioğlu, F. (1974).** Orman hizmetleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 31-42.
21. **Talu O (1944).** Orman Hükümleri, 246 s, A.R. İncelemdaroğlu Matbaası, Zonguldak.
22. **URL,1, (2021).** <https://zonguldakobm.ogm.gov.tr/DevrekOIM/Lists/OrmanVarligi/AllItems.aspx>
23. **URL,2, (2021).** <https://istanbulobm.ogm.gov.tr/KanlicaOIM/Lists/OrmanVarligi/AllItems.aspx>
24. **URL,3, (2021).** <https://muglaobm.ogm.gov.tr/MarmarisOIM/Lists/OrmanVarligi/AllItems.aspx>
25. **Velioğlu, N. (2008).** Orman sınırları dışına çıkarma işleminin tanımı ve tarihsel gelişimi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 58(2), 53-79.
26. **Wardojo, W., Suhariyanto, S. & Purnama, B.M. (2001).** Law enforcement and forest protection in Indonesia: a retrospect and prospect. in East Asia Ministerial Conference on Forest Law Enforcement and Governance (FLEG), Bali, Indonesia. 21-24.
27. **World Bank (2006).** Strengthening Forest Law Enforcement and Governance Addressing a Systemic Constraint to Sustainable Development. The World Bank Report No. 36638-GLB. USA. 43.
28. **Yüksel, B., Akbulut, S., İpek, A., & Baysal, İ. (2009).** Türkiye'de orman kaçakçılık suçları ve kaçakçı profilinin değerlendirilmesi: Akyazı ve Hendek örneği. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 59(1), 1-14.

# SHADING OF TREE CANOPIES ON INTERTOWN ROADS THROUGHOUT FOREST LANDSCAPES: ABDİPAŞA-OVACUMA GREENWAY OF TURKEY

Melih Öztürk<sup>1\*</sup>, Turgay Biricik<sup>2</sup>, Kâmil Çakıroğlu<sup>3</sup>, Ahmed Cemal Çakmak<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Division of Landscape Techniques, 74110, Bartın, Turkey

<sup>2</sup>Bartın University, Graduate School, Department of Landscape Architecture, 74110, Bartın, Turkey

<sup>3</sup>Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Division of Soil Science and Ecology, 74110, Bartın, Turkey

<sup>4</sup>İstanbul Metropolitan Municipality, Department of Parks, Gardens and Green Areas, Directorate of Urban Ecological Systems, 34134, İstanbul, Turkey

## Abstract

Greenways are the systems that link both the urban and rural landscapes. Thus, they establish cultural and natural corridors between these landscapes. Being one of the major rural landscapes, forests supply ecosystem services by their recreation potential as well as wood and oxygen production. Hence, forest ecosystems that include roads constitute rural greenways. The canopies of the trees and shrubs supply shading on these road surfaces. These greenways play a significant recreational and safety role within the overall forest landscapes. They provide shading, recreation, and safety for both the drivers and passengers. Thereby, tree and shrub canopy parameters such as the closure and coverage are the determining factors on the safety, shading and recreation potential. Amongst those tree and shrub canopy parameters, the Leaf Area Index (LAI), Light Transmission (LT), Gap Fraction (GF) and Canopy Openness (CO) are the prominent ones. Therefore, the greenway route along the road between Ulus Subprovince (Bartın) and Safranbolu Subprovince (Karabük) at the northwestern Turkey, was chosen as the study and research field in this study. The oriental planes (*Platanus orientalis* L.) are the immediate roadside trees with their canopies shading on the surface of that road. Along 14 km road route, 71 different points were defined for the hemispherical photographing during the summer of 2021. Based on the analyses of these hemispherical photographs using the version 3.2 of the Hemisfer program, the LAI values ranged between 1.89 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> and 2.79 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, being 2.34 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> on average. However, the average LT and CO percentages were 17.9% and 18.2%, whereas the average GF percentage was 7.7%. According to the overall results of this study, the canopy parameters indicated relatively high canopy closure and coverage values even though with alternating values and percentages for the different sections of the greenway route.

**Keywords:** Tree Canopy, Rural Landscape, Forest Ecosystem, Road Route, Greenway, Ecosystem Services

## 1. Introduction

Forest landscapes are the areas which compose the land uses' mosaic where the forest ecosystems predominantly occupy (Turner & Gardner, 2015). Forest landscapes possess social, aesthetic, and recreational dimensions as well as their principle ecological, hydrological, and economical roles (Marsh, 2010). By their social, aesthetic, and recreational services, they particularly offer temporary or permanent accommodation and employment opportunities for the forest villagers and, supply trekking, picnic activities and, entertain road journey throughout these forest landscapes for the local public or the visitors (Öztürk et al., 2019). Hence, an entertaining and safe road journey not only supply recreation for the passengers but also secure the travel for the drivers (Öztürk, 2017). Besides the road pavements and traffic signs, the surrounding environment also plays significant positive or negative roles on both the recreation and safety potential of those travels. Therefore, the forest trees aligned or scattered along the roadside constitute greenway system within the overall surrounding landscape.

Greenways, which are the connections of linear components, and which are composed of trees or shrubs, should be planned, designed, and managed within the concepts of aesthetic, ecological, recreational, and cultural dimensions. Thus, their usages should intend to achieve sustainability. (Ahern, 1995; Öztürk & Gökçer, 2016). Greenway systems sometimes link the urban and rural settlements such as from streets to towns and from districts

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Melih ÖZTÜRK; Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, 74110, Bartın-Turkey.

Geliş (Received) : 22.07.2023

Kabul (Accepted) : 31.07.2023

Basım (Published) : 31.12.2023



to cities. Namely, within the urban and rural landscapes, they construct aesthetic and ecological corridors (Forman & Godron, 1986; Forman & Alexander, 1998). One of the substantial constituents of the rural landscapes, forest ecosystems offer services by providing recreation potential as well as primarily producing wood and oxygen. Indeed, by means of the forest tree canopies on the roads, forest ecosystems constitute rural greenway systems. Therefore, forest landscapes including the greenways, play significant role in terms of shading supply and associated recreation potential and securing safety for the travellers. Thus, from the point of determining the shading, safety and recreation potential of these greenway systems, canopy analyses are necessary for the immediate surrounding trees. These canopy analyses particularly involving the determination of canopy density, closure, coverage, and also light transmission levels, are very important.

Amongst the canopy parameters, Leaf Area Index (LAI), Light Transmission (LT), Gap Fraction (GF) and Canopy Openness (CO) are the prominent ones which can be directly referred to identify the level of canopy closure and coverage. Thereby, determining the degree of the tree canopy closures and coverages by using these tree canopy parameters within a case intertown greenway system, constitutes the main aim of this study.



Fig. 1. Study field (greenway system) and overall 71 hemispherical photographing points within Turkey

## 2. Material and Methods

In the northwestern Turkey, at the Western Black Sea Region, there is a road between the Bartın and Karabük Provinces, which involve many greenway systems. Between the Abdipaşa Town (Ulus, Bartın) and the Ovacuma Town (Safranbolu, Karabük), the road route, that carry the greenway system characteristics, was chosen as the study field. Ovacuma tributary of the Ulus Stream is running together with the greenway system. The Abdipaşa side of the greenway system is more fragmented compared to the Ovacuma side. Oriental plane (*Platanus orientalis* L.) trees together with their canopies dominate the greenway as if they have constructed vegetation tunnel on the road itself. Along this road route within the greenway system, the hemispherical photographing points were determined between the 32° 41' 19" and 32° 34' 17" eastern longitudes, and between the 41° 27' 20" and 41° 30' 17" northern latitudes (Fig. 1). The length of the road route is about 14 km whereas its' altitude ranges between 135 m and 300 m above sea levels. In the study region, annual precipitation is 1044 mm on average whereas the annual air temperature is 13°C on average (TSMS, 2013). Thereby, climate regime of the study region can globally be described as mesothermal humid (Atalay, 2011). The surrounding forest ecosystems primarily involve the sessile oaks (*Quercus petraea* [Matt. Liebl.]), European hornbeams (*Carpinus betulus* L.), oriental beeches (*Fagus orientalis* Lipsky) and black pines (*Pinus nigra* L.) (TGDF, 2006). Due to the scenic beauty of the oak and hornbeam trees in particular, the foliage and colours of these forest ecosystems become very spectacular in autumn (Öztürk & Gökyer, 2015).

71 different hemispherical photographing points were selected within this 14 km route in order to determine the canopy parameters of these oriental plane trees along this greenway system (Fig. 1). The 14 km long road was divided into 6 sections, each of which constitutes distinct canopies with different closures. The hemispherical photographs were taken in mid-June of 2021. A digital camera (Canon EOS 5D digital SLR camera, Mark II-Canon Corporation) where an 8 mm fisheye lens (Sigma F3.5 EX DG Circular Fisheye-Sigma Corporation) is mounted, was used to capture these hemispherical photographs. Hemisfer (version 3.2; Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research) software was used during the analyses of the LAI, LT, GF, and CO parameters (Schleppi et al., 2007). Methodology on LAI-2000 device (LI-COR Biosciences Inc.) was referred during these analyses. The automatic thresholding was based on Nobis & Hunziker (2005) whereas the corrections were applied according to the coupled methods by Chen & Cihlar (1995) and Schleppi et al. (2007).



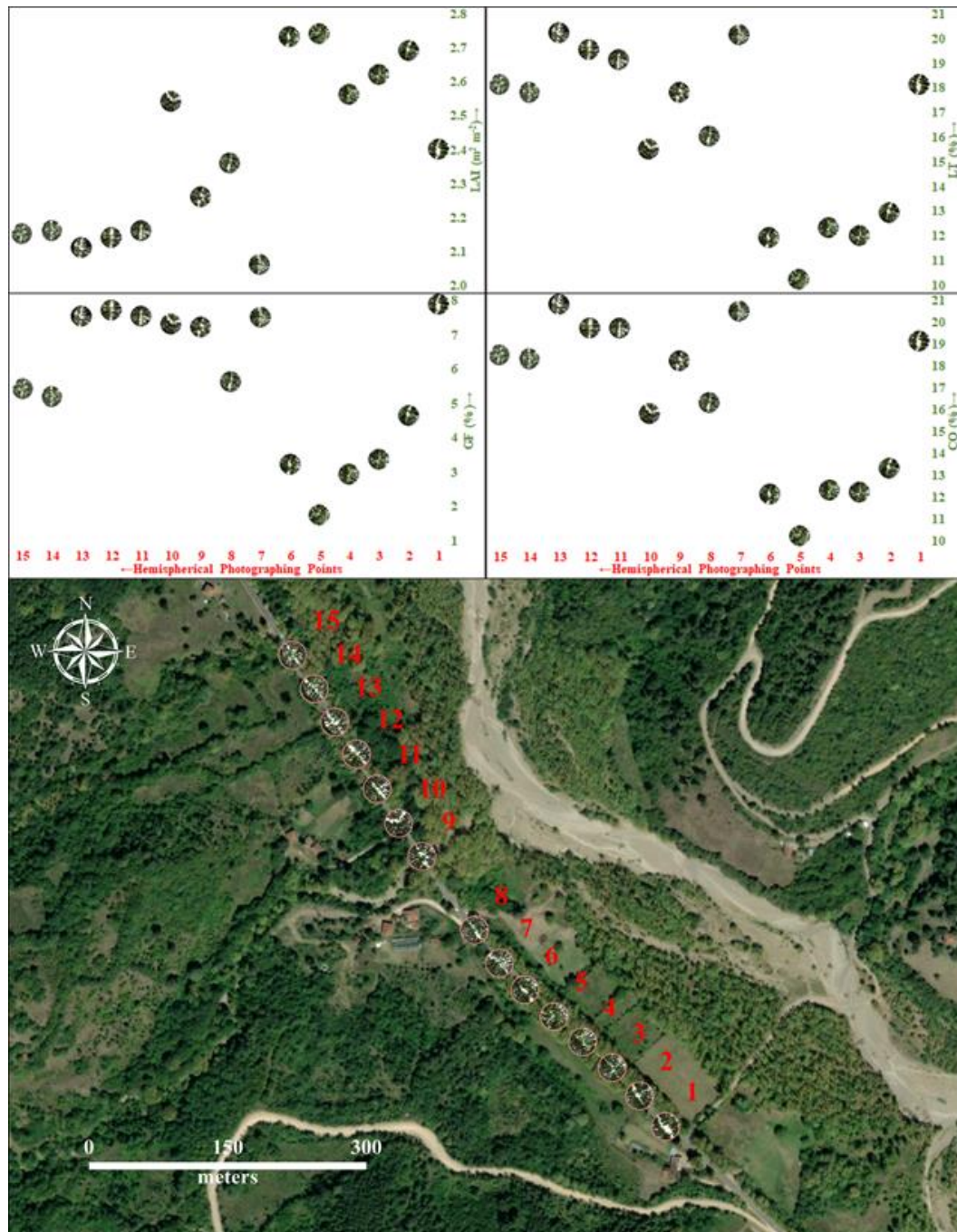


Fig. 2. Location of the first 15 hemispherical photographing points together with their LAI values, and LT, GF, CO percentages in the Section 1

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Section 1

Regarding to the study results, the LAI ranged between  $2.06 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  and  $2.74 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  for the first 15 hemispherical photographing points where the mean LAI was  $2.38 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  within the Section 1 of the greenway research field (Fig. 2). On the other side, the mean LT was 16.1% ranging between 10.2% and 20.2% whereas the mean GF was 5.6% ranging between 1.7% and 7.9%. Confirming these values, the mean CO was 16.5% varying between 10.2% and 20.8% (Fig. 2). These values indicated that the canopies of the roadside trees were relatively dense and therefore had high shading supply in this Section 1. Indeed, Cackowski & Nasar (2003) roadside vegetation had remedial impacts on the disappointment of the drivers.

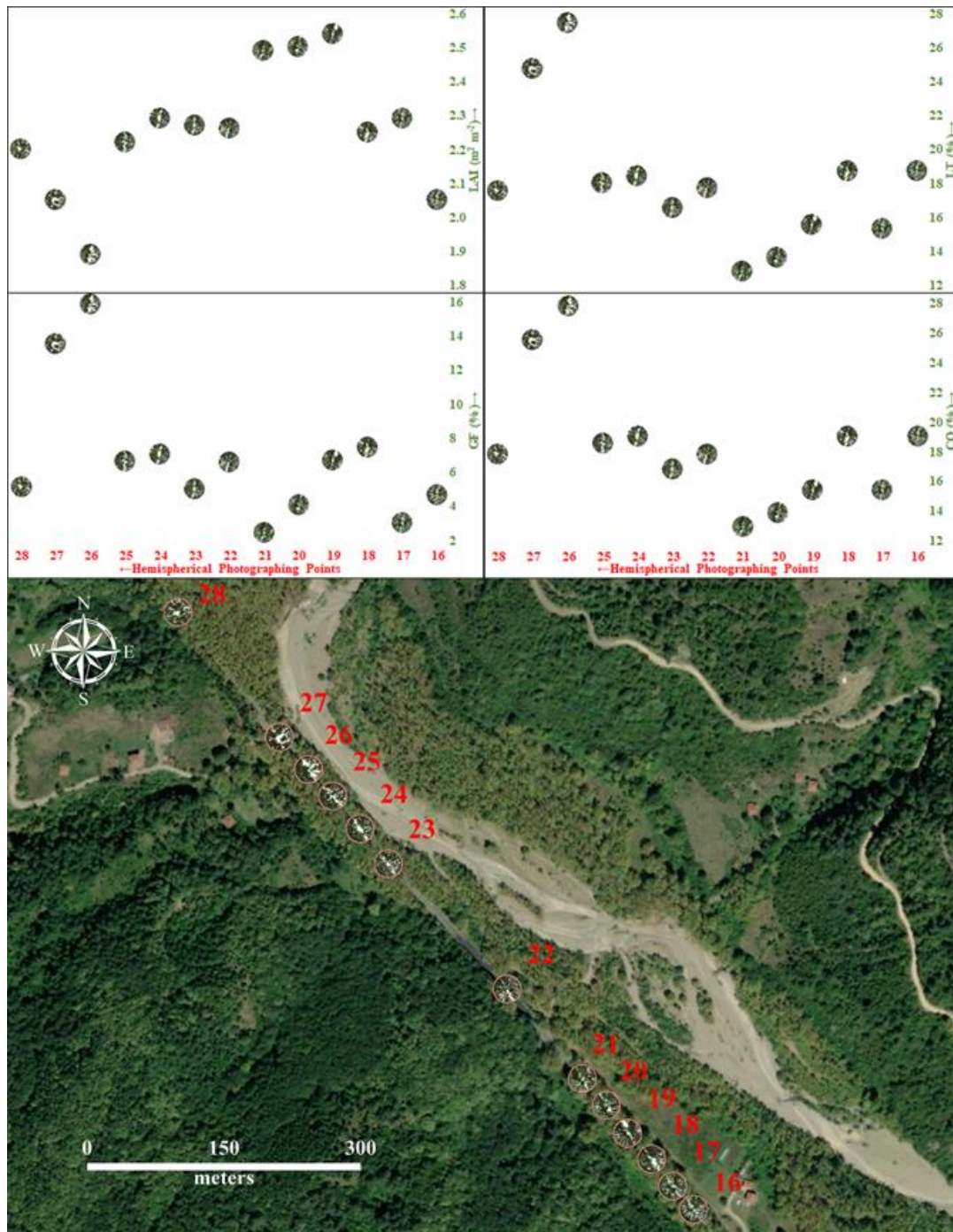


Fig. 3. Location of the second 13 hemispherical photographing points together with their LAI values, and LT, GF, CO percentages in the Section 2

### 3.2. Section 2

Regarding to the study results, the LAI ranged between 1.89 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> and 2.54 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> for the next 13 hemispherical photographing points where the mean LAI was 2.25 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> within the Section 2 of the greenway research field (Fig. 3). On the other side, the mean LT was 18.1% ranging between 12.8% and 27.4% whereas the mean GF was 6.7% ranging between 2.4% and 15.8%. Confirming these values, the mean CO was 18.4% varying between 12.9% and 27.8% (Fig. 3). The values of the canopy parameters pointed the relative sparsity of the roadside tree canopies and therefore relatively lower shading supply in this Section 2. In fact, based on a driver simulator study, the increment in the vegetation density did not lead to any speed reduction for the drivers (Fitzpatrick et al., 2016).



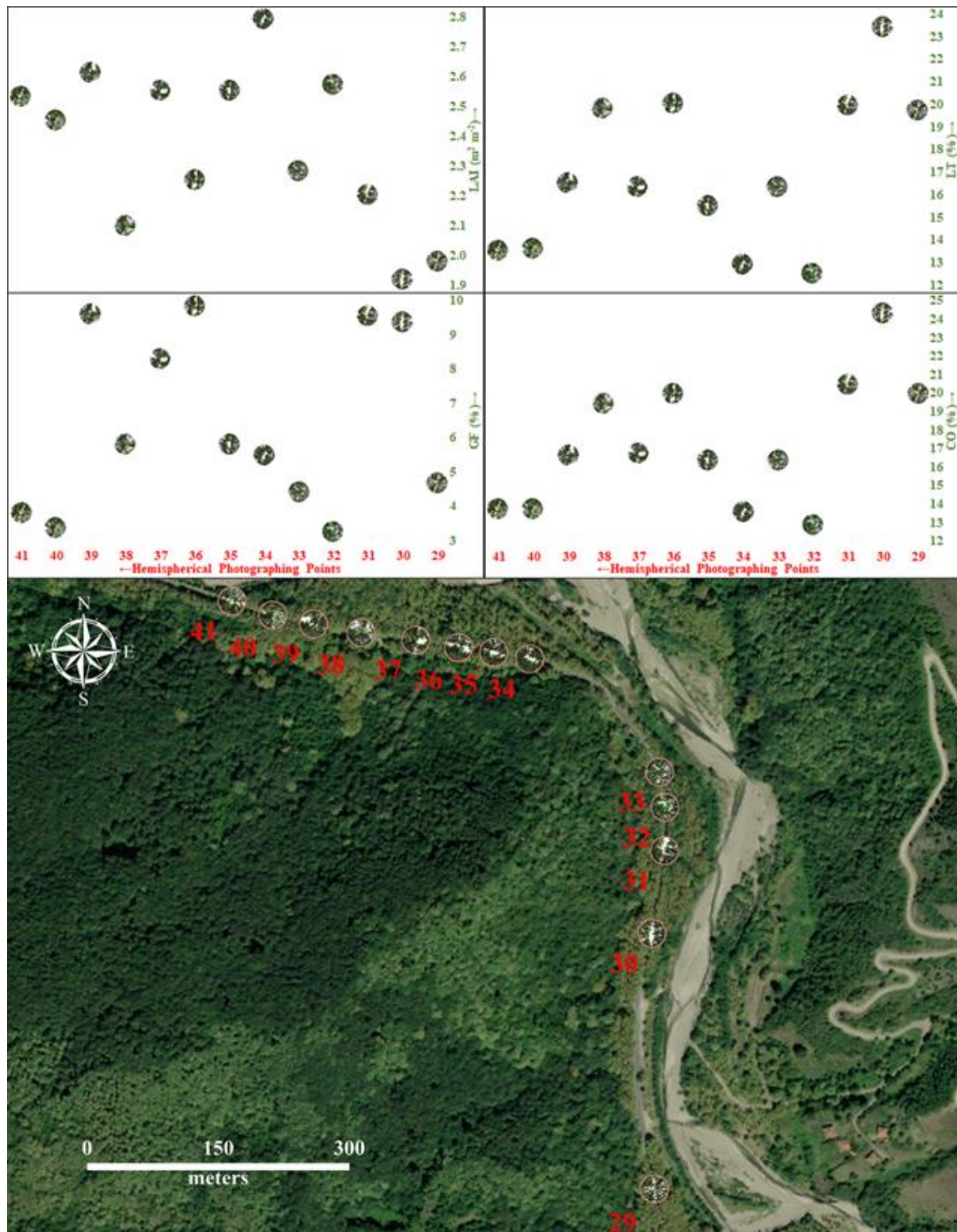


Fig. 4. Location of the third 13 hemispherical photographing points together with their LAI values, and LT, GF, CO percentages in the Section 3

### 3.3. Section 3

Regarding to the study results, the LAI ranged between  $1.92 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  and  $2.79 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  for the following 13 hemispherical photographing points where the mean LAI was  $2.37 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  within the Section 3 of the greenway research field (Fig. 4). On the other hand, the mean LT was 16.9% ranging between 12.5% and 23.4% whereas the mean GF was 6.4% ranging between 3.2% and 9.8%. Confirming these values, the mean CO was 17.2% varying between 12.8% and 24.3% (Fig. 4). The highest values of the canopy parameters showed the dense canopy closure and associated high shading supply in this Section 3. Thus, as the closure of the canopy gets intensive, the amount of light penetrating through that canopy diminishes (Kucharik et al. 1999). Therefore, this lower light intrusion would lead to less distractibility for the drivers.

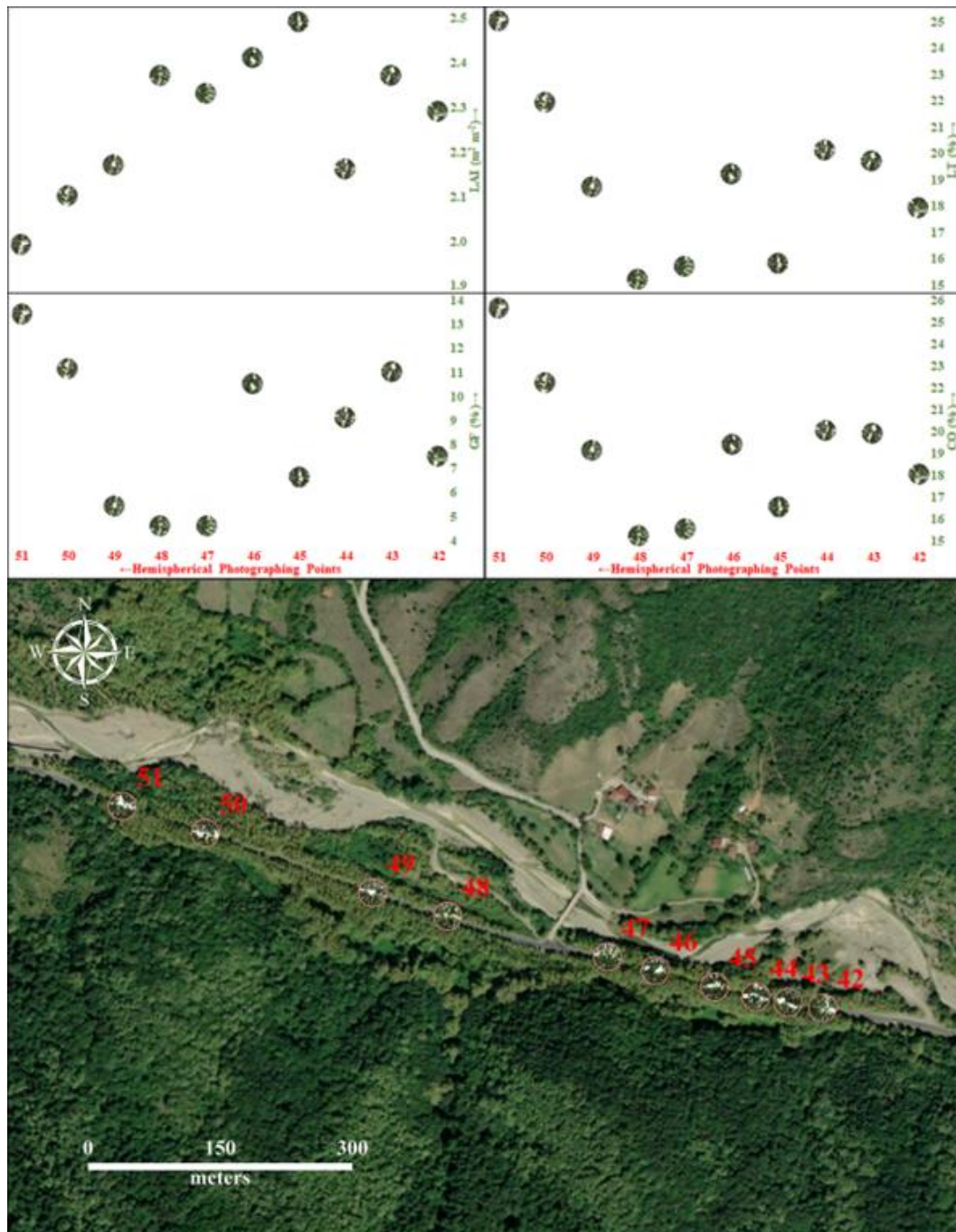


Fig. 5. Location of the fourth 10 hemispherical photographing points together with their LAI values, and LT, GF, CO percentages in the Section 4

### 3.4. Section 4

Regarding to the study results, the LAI ranged between 1.99 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> and 2.49 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> for another following 10 hemispherical photographing points where the mean LAI was 2.27 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> within the Section 4 of the greenway research field (Fig. 5). On the other hand, the mean LT was 18.8% ranging between 15.1% and 24.9% whereas the mean GF was 8.4% ranging between 4.6% and 13.4%. Confirming these values, the mean CO was 19.1% varying between 15.2% and 25.6% (Fig. 5). The relatively lower values of the tree canopy parameters emphasized the relatively more light intrusion beneath those canopies and consequently less shading supply in this Section 4. However, landscapes with alternating between the forested and open spaces rose the stress level of the drivers compared to the uniform forested or open areas, as indicated in another driver simulation study by Antonson et al. (2009).



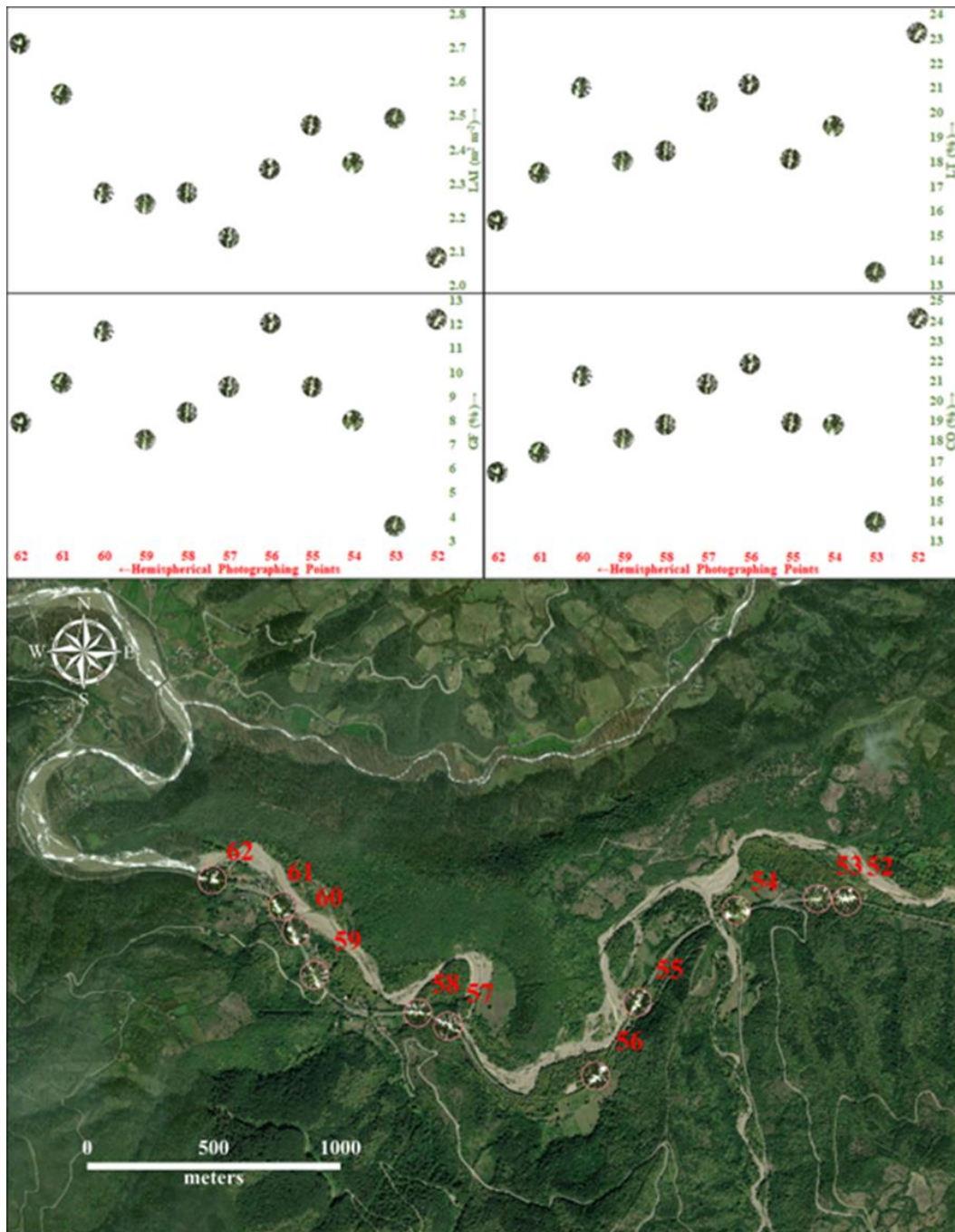


Fig. 6. Location of the fifth 11 hemispherical photographing points together with their LAI values, and LT, GF, CO percentages in the Section 5

### 3.5. Section 5

Regarding to the study results, the LAI ranged between  $2.08 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  and  $2.71 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  for another next 11 hemispherical photographing points where the mean LAI was  $2.36 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  within the Section 5 of the greenway research field (Fig. 6). On the other hand, the mean LT was 18.7% ranging between 13.5% and 23.2% whereas the mean GF was 9.0% ranging between 3.6% and 12.2%. Confirming these values, the mean CO was 19.1% varying between 13.9% and 24.1% (Fig. 6). These tree canopy parameter values remarked that the canopies of the roadside trees were also relatively dense and therefore they had high shading supply in this Section 5. Contrary to the previous mentioned study by Antonson et al. (2009), dependent upon the comparisons between the prior and after crashes, Mok et al. (2006) reported that the alternating landscapes had positive impacts on the visual perception of the drivers.

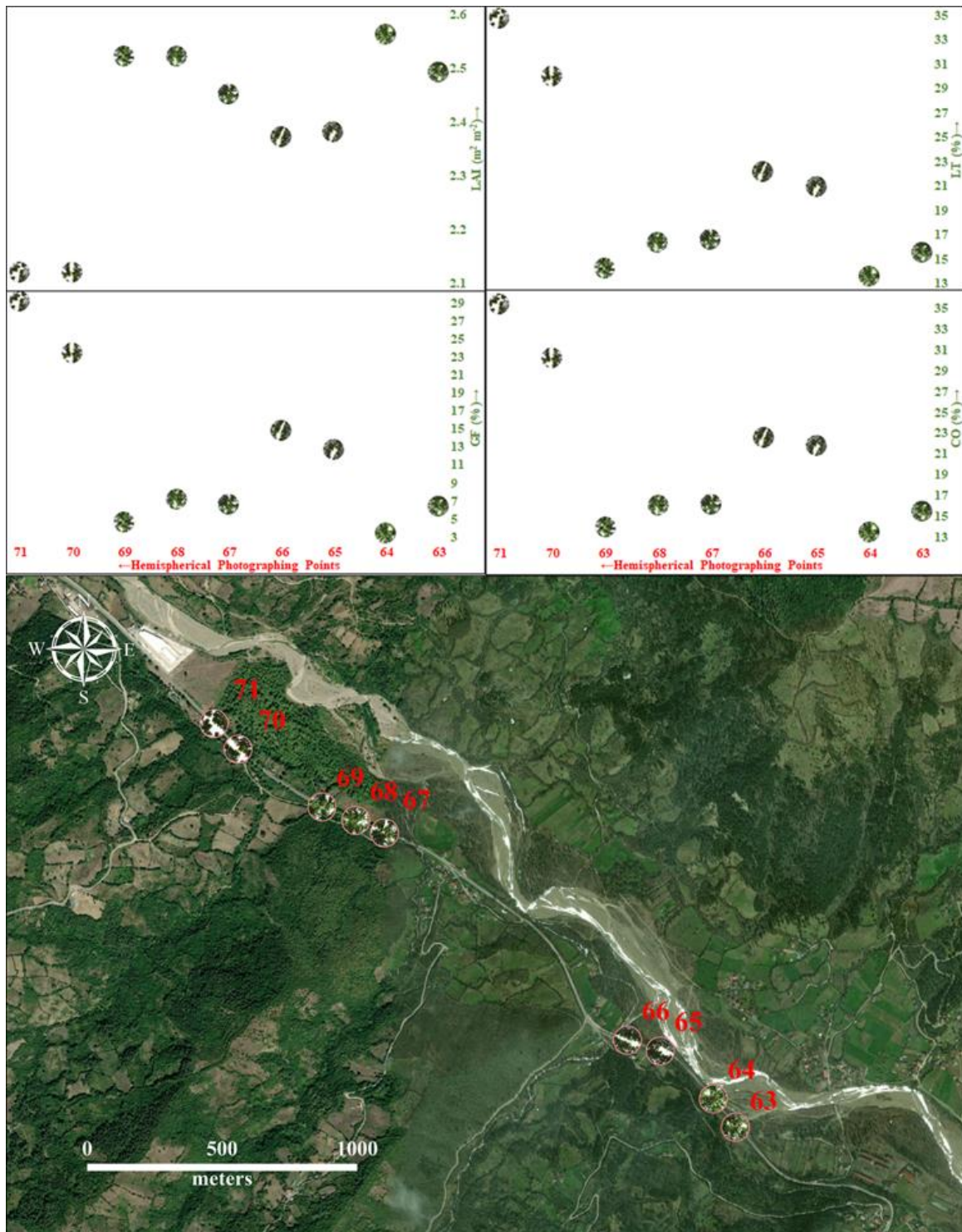


Fig. 7. Location of the sixth 9 hemispherical photographing points together with their LAI values, and LT, GF, CO percentages in the Section 6

### 3.6. Section 6

Regarding to the study results, the LAI ranged between 2.12 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> and 2.56 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> for the following last 9 hemispherical photographing points where the mean LAI was 2.39 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> within the Section 6 of the greenway research field (Fig. 7). On the other hand, the mean LT was 20.4% ranging between 13.5% and 34.7% whereas the mean GF was 11.9% ranging between 3.4% and 29.1%. Confirming these values, the mean CO was 20.5% varying between 13.4% and 35.3% (Fig. 7).



#### 4. Conclusions

From the point of global protection, maintenance, sustainability and management of the study region, ultimate outcomes of this study provide significant data. Thus, the study region which hosts to the valuable greenway systems, possesses broad dimensions; basically ecological, aesthetic, and recreational. Eventually, by referring to this study outcomes, and also by integrating them with the possible further shading supply, associated recreation potential and safety degree researches should be conducted. Hence, by constructing more comfortable, recreational, and also by securing safer travel for both the drivers and passengers throughout the greenways within the region, significant and valuable bases can be achieved for their long-term sustainability.

#### 5. Acknowledgement

This study was orally presented, and abstract was published in the IDUPEM'22, International Landscape Planning and Design Research Symposium, 2-4 December, İzmir, Türkiye.

#### References

1. Ahern J. (1995). Greenway as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning*, 33: 131-155. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V)
2. Antonson H., Mårdh S., Wiklund M. & Blomqvist G. (2009). Effect of surrounding landscape on driving behavior: A driving simulator study. *Journal of Environmental Psychology*, 29: 493-502. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.03.005>
3. Atalay İ. (2011). Climate Atlas of Turkey (in Turkish). İnkılâp Bookstore Press, İstanbul, Turkey.
4. Cackowski J.M. & Nasar J.L. (2003). The restorative effects of roadside vegetation: Implications for automobile driver anger and frustration. *Environment and Behavior*, 35(6): 736-751. <https://doi.org/10.1177/0013916503256267>
5. Chen J.M. & Cihlar J. 1995. Quantifying the effect of canopy architecture on optical measurements of leaf area index using two gap size analysis methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33: 777-787. <https://doi.org/10.1109/36.387593>
6. Fitzpatrick C.D., Samuel S. & Knodler Jr. M.A. (2016). Evaluating the effect of vegetation and clear zone width on driver behavior using a driving simulator. *Transportation Research Part F*, 42: 80-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.07.002>
7. Forman R.T.T. & Godron M. (1986). Landscape Ecology. John Wiley & Sons. Inc., USA.
8. Forman R.T.T. & Alexander L.E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231+C2. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
9. Kucharik C.J., Norman J.M. & Gower S.T. (1999). Characterization of radiation regimes in nonrandom forest canopies: theory, measurements, and a simplified modeling approach. *Tree Physiology*, 19: 695-706. <https://doi.org/10.1093/treephys/19.11.695>
10. Marsh, W.M. (2010). Landscape Planning; Environmental Applications. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA.
11. Mok J.H., Landphair H.C. & Naderi J.R. (2006). Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas. *Landscape and Urban Planning*, 78: 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.09.002>
12. Nobis M. & Hunziker U. (2005). Automatic thresholding for hemispherical canopy-photographs based on edge detection. *Agricultural and Forest Meteorology*, 128: 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.10.002>
13. Öztürk M. & Gökyer E. (2015). Seasonal variation in light transmission and canopy gaps of deciduous roadside vegetation: Assessment within forest landscape. *Eurasian Journal of Forest Science*, 3(2): 1-11.
14. Öztürk M. & Gökyer E. (2016). Spatio-temporal characteristics of roadside landscape components along the coastal zone between Amasra and Kurucaşile Cities of Bartın Province, Turkey. pp. 293-302. 5th Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning. Volume: Landscapes and Greenways of Resilience. 30 June-3 July, 2016. Budapest, Hungary.
15. Öztürk M. (2017). Driver and passenger perception along the roadside landscapes: Safety and recreation. In: Sustainable Landscape Planning and Design (Ed. Murat Özyavuz). Peter Lang Publications. Frankfurt, Germany. <https://doi.org/10.3726/b11768>
16. Öztürk M., Gökyer E. & Palta Ş. (2019). Role of roadside vegetation canopy on trekking comfort along Karakışla-Uluyayla route of highland forest landscape in Western Black Sea Region of Turkey. pp. 103-108. III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium. 03-05 October, 2019. Kahramanmaraş, Turkey.

17. **Schleppi P., Conedera M., Sedivy I. & Thimonier A. (2007).** Correcting non-linearity and slope effects in the estimation of the leaf area index of forests from hemispherical photographs. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144: 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.02.004>
18. **TGDF (Turkish General Directorate of Forestry). (2011).** Forest Management Plans of Bartın, Amasra, Kurucaşile and Ulus Forest Administrations. Ankara, Turkey.
19. **TSMS (Turkish State Meteorological Service). (2013).** Daily meteorological data. Ankara.
20. **Turner M.G. & Gardner R.H. (2015).** Landscape Ecology in Theory and Practice; Pattern and Process. Second Edition. Springer Science + Business Media LLC, New York, USA.

# METHOD OF VARIATION OF PARAMETERS FOR THE THIRD-ORDER LINEAR PROPORTIONAL DYNAMIC EQUATIONS

Tuba Gulsen<sup>1\*</sup>, Mehmet Acar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mathematics, Faculty of Science, Fırat University, 23119, Elazığ

## Abstract

The differentiation and integration of an integer order are known as fractional calculus. It is possible to think of the proportional derivative as a generalization of a congruent fractional derivative, which is one of the types of fractional calculus. In this article, utilizing the proportional derivative and its characteristics on the time scale, the method of variation of parameters for the third-order linear nonhomogeneous differential equations is given. Then, an example is provided to illustrate how to apply the provided approach.

**Key Words:** Time scales, variation of parameters, proportional derivative

## 1. Introduction

The conformable derivative is a unique mathematical operator that expands the idea of differentiation to non-integer orders (Katugampola, 2014; Khalil et al., 2014; Abdeljawad, 2015). The conformable derivative offers a more understandable and natural framework for dealing with non-integer differentiation than conventional fractional calculus operators like the Riemann-Liouville or Caputo derivatives. Due to its capacity for modeling complex events showing fractal or anomalous behavior, the idea of non-integer differentiation has received a great deal of interest (Ortigueira & Machado, 2015). For the study of dynamic equations that incorporate both continuous and discrete time periods, the conformable derivative on time scales offers a coherent framework. Time scales expand the idea of real numbers to encompass discrete and continuous time domains, making it possible to represent a wider range of equations in greater detail. The conformable derivative depends on forward and backward difference quotients instead of integrals, which are necessary for fractional derivatives, making it easier to obtain and compute.

The conformable derivative on time scales has a variety of advantageous characteristics, such as linearity, the chain rule, and compatibility with conventional differentiation operators on real numbers. On time scales, physics, engineering, biology, and finance are just a few of the disciplines that the conformable derivative is used in. The conformable derivative on time scales has received a lot of interest recently from the scientific community (Benkhetrou et al., 2015; Benkhetrou et al., 2016; Gulsen et al., 2017; Gülşen et al., 2018; Yilmaz et al., 2022).

Even if the more inclusive definition of the proportional derivative given in Definition 1 below meets some of the characteristics of the fractional derivative, it is still best to consider the proportional derivative independently, separate from the theory of fractional derivatives. As a result, the proportional derivative reported in Anderson & Ulness (2015) was renamed a conformable derivative, and a prospective definition for the proportional derivative on a time scale was found in Segi Rahmat (2019). A specific case of the proportional derivative is the conformable derivative. When the order is equal to 1, the proportional derivative of a function defined on the time scale becomes the Hilger derivative.

Non-homogeneous linear differential equations can be solved using the variation of parameters approach. When used with third-order differential equations on time scales, it entails locating a specific solution under the presumption that the coefficients of the solution are functions of the independent variable. This approach offers a potent tool for resolving intricate differential equations that appear in a variety of scientific and engineering disciplines. For the second-order nonhomogeneous dynamic equation via the proportional derivative, the variation of parameters is given in Anderson & Georgiev (2020), but for the third-order nonhomogeneous dynamic equation via the proportional derivative, it has not been studied before, according to our research.

**\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Tuba GULSEN; Department of Mathematics, Faculty of Science, Fırat University, 23119, Elazığ

Geliş (Received) : 05.07.2023

Kabul (Accepted) : 04.09.2023

Basım (Published) : 31.12.2023

In this paper, we aim to explore the theory and applications of the variation of parameters for the third-order nonhomogeneous dynamic equation via the proportional derivative. Basic ideas and notations relating to time scales and proportional derivatives on time scales are presented in Section 2. The technique of variation of parameters produced for solving the third-order proportional derivative nonhomogeneous linear dynamic equations and an example are given in Section 3. The conclusion is provided in the final Section.

## 2. Materials and Methods

We examine the terms and ideas related to the time scale of proportional calculations that are necessary as they are used in the following section.

**Definition 1** (Anderson & Ulness, 2015) Let  $\gamma \in [0,1]$ . If  $\mathfrak{D}^0$  is the unit operator and  $\mathfrak{D}^1$  is the standard differential operator, then the differential operator  $\mathfrak{D}^\gamma$  is referred to as a proportional derivative. It is expressly stated that the derivative function  $h=h(t)$  has a proportional operator  $\mathfrak{D}^\gamma$  and that only

$$\mathfrak{D}^0 h(t)=h(t) \text{ and } \mathfrak{D}^1 h(t)=h'(t), \tag{1}$$

exists for it.

**Remark 2** (Anderson & Ulness, 2015) The essential principle of proportional derivative is created based on the use of a proportional-derivative controller with a controller output  $v$  at time  $t$ . This controller,  $v(t)$ , uses the

$$v(t)=\kappa_p E(t) + \kappa_d \frac{d}{dt} E(t),$$

algorithm (Li et al., 2006) .

In this instance,  $E$  stands for the error between the state and process variables, while  $\kappa_p$  and  $\kappa_d$  are the proportional and derivative gains, respectively.

**Definition 3** (Anderson & Ulness, 2015) Consider  $\gamma \in [0,1]$ ,  $\kappa_0, \kappa_1: [0,1] \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_0^+$  to be continuous functions and that

$$\left\{ \begin{array}{ll} \lim_{\gamma \rightarrow 0^+} \kappa_0(\gamma, t) = 0, & \lim_{\gamma \rightarrow 0^+} \kappa_1(\gamma, t) = 1, \\ \lim_{\gamma \rightarrow 1^-} \kappa_0(\gamma, t) = 1, & \lim_{\gamma \rightarrow 1^-} \kappa_1(\gamma, t) = 0, \\ \kappa_0(\gamma, t) \neq 0, \gamma \in (0,1), & \kappa_1(\gamma, t) \neq 0, \gamma \in [0,1), \end{array} \right. \tag{2}$$

to be accurate. The differential operator  $\mathfrak{D}^\gamma$  defined by

$$\mathfrak{D}^\gamma h(t)=\kappa_1(\gamma, t)h(t) + \kappa_0(\gamma, t)h^\Delta(t), \tag{3}$$

in here,  $h$  is the error,  $\kappa_1$  is a kind of proportional gain  $\kappa_p$ ,  $\kappa_0$  is a type of derivative gain  $\kappa_d$ , and  $v=\mathfrak{D}^\gamma h$  is the controller output.

To obtain the fundamental conclusions for the next section, we need to keep in mind a few fundamental time scale ideas. The time scale  $\mathbb{T}$  belongs to  $\mathbb{R}$ 's standard topology and is a closed, non-empty subset of  $\mathbb{R}$ . The forward and backward jump operators  $\sigma, \rho: \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{T}$  for  $t \in \mathbb{T}$  have the following definitions:

$$\sigma(t)=\inf \{l \in \mathbb{T} : l > t\}, \quad \rho(t)=\sup \{l \in \mathbb{T} : l < t\}.$$

According to this definition,  $\inf \emptyset = \sup \mathbb{T}$  and  $\sup \emptyset = \inf \mathbb{T}$ . If  $\sigma(t) > t, \rho(t) < t$ , and  $\rho(t) < t < \sigma(t)$   $t$  are, respectively, right-scattered, left-scattered, and isolated (discrete) points. In contrast,  $t$  is said to be right-dense if  $t < \sup \mathbb{T}$  and  $\sigma(t)=t$ , left-dense if  $t > \inf \mathbb{T}$  and  $\rho(t)=t$ , and  $t$  is the dense point if  $\rho(t)=t=\sigma(t)$ . The graininess function  $\mu: \mathbb{T} \rightarrow [0, \infty)$  is defined as  $\mu(t)=\sigma(t) - t$ . If  $\mathbb{T}$  has a maximum point  $m$ , then  $\mathbb{T}^k = \mathbb{T} - \{m\}$ ; otherwise,  $\mathbb{T}^k = \mathbb{T}$ . If  $\mathbb{T}$  has a left-sided limit at both its right-dense and left-scattered points, then the function  $h: \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  is referred to as being rd-continuous, and  $C_{rd}(\mathbb{T})$  is used to represent the collection of rd-continuous functions  $h$ . Let  $t \in \mathbb{T}^k$  and  $h: \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  be a function. If  $\forall \varepsilon > 0$  and  $h^\Delta(t)$  is a real number such that

$$|[h(\sigma(t)) - h(s)] - h^\Delta(t)[\sigma(t) - s]| \leq \varepsilon |\sigma(t) - s|, \quad \forall s \in U,$$



for all  $s$  in a neighborhood  $U$  of point  $t$ , then  $h^\Delta(t)$  is referred to as the delta derivative of  $h$  at point  $t$ . There is an inverse derivative  $H, H^\Delta=h(t)$ , for any continuous rd-function  $h$ . For  $s \in \mathbb{T}$ ,

$$\int_s^t h(\tau) \Delta\tau = H(t), \quad \forall t \in \mathbb{T}.$$

On the time scale, (Aulbach & Hilger, 1990; Agarwal et al., 2002; Bohner & Peterson, 2001, 2004; Bohner & Svetlin, 2016; Hilger, 1990) offer thorough details.

We'll now give the proportional delta derivative of the function  $h : \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  of order  $\gamma \in [0, 1]$  at point  $t \in \mathbb{T}^k$ . Suppose that in the following expressions,  $\kappa_0, \kappa_1 : [0, 1] \times \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}_0^+$  are continuous functions and satisfy conditions (2).

**Definition 4** (Segi Rahmat, 2019) Let  $h : \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  be a function, and  $t \in \mathbb{T}^k$ .  $\forall \varepsilon > 0$ , and for every  $s$  in a neighborhood  $U$  of point  $t$ , if there is a real number  $\mathfrak{D}^\gamma h(t)$ ,  $\gamma \in [0, 1]$ , such that

$$|\kappa_1(\gamma, t)h(t)[\sigma(t) - s] + \kappa_0(\gamma, t)[h(\sigma(t)) - h(s)] - \mathfrak{D}^\gamma h(t)[\sigma(t) - s]| \leq \varepsilon [\sigma(t) - s], \tag{4}$$

that number is known as the  $\gamma$ -th order proportional delta derivative of  $f$  at point  $t$ .

The set of all proportional delta differentiable functions will be displayed with (Segi Rahmat, 2019)  
 $\Omega(\mathbb{T}) = \{h : \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R} : \text{For any } t \in \mathbb{T}^k, \mathfrak{D}^\gamma h(t) \text{ exists and is finite}\}.$

**Theorem 5** (Segi Rahmat, 2019) Assuming that  $h : \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  and  $t \in \mathbb{T}^k$ .

- (i) If  $h \in \Omega(\mathbb{T})$ , then  $h$  is continuous at  $t$ .
- (ii) If  $h$  is continuous at  $t$ ,  $t$  is right-scattered, and

$$h^\Delta(t) = \frac{h(\sigma(t)) - h(t)}{\sigma(t) - t},$$

exists, then  $h \in \Omega(\mathbb{T})$ . In this instance,

$$\mathfrak{D}^\gamma h(t) = \kappa_0(\gamma, t) h^\Delta(t) + \kappa_1(\gamma, t) h(t). \tag{5}$$

- (iii) If  $t$  is right-dense, and

$$\lim_{t \rightarrow s} \frac{h(t) - h(s)}{t - s} = h'(t),$$

exists as a finite number, then  $f \in \Omega(\mathbb{T})$ , and so

$$\mathfrak{D}^\gamma h(t) = \kappa_0(\gamma, t) h'(t) + \kappa_1(\gamma, t) h(t). \tag{6}$$

**Lemma 6** (Segi Rahmat, 2019) The following characteristics are given if  $h, g : \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  are proportional delta differentiable at the  $t \in \mathbb{T}^k$  point:

- (i)  $\mathfrak{D}^\gamma [\gamma h + \theta g] = \gamma \mathfrak{D}^\gamma h + \theta \mathfrak{D}^\gamma g$ , all  $\gamma, \theta \in \mathbb{R}$ ;
- (ii)  $\mathfrak{D}^\gamma [hg] = h^\sigma \mathfrak{D}^\gamma g + g \mathfrak{D}^\gamma h - h^\sigma g \kappa_1(\gamma, \cdot)$ ;
- (iii)  $\mathfrak{D}^\gamma \left[ \frac{1}{g} \right] = - \frac{\mathfrak{D}^\gamma [g]}{g \cdot g^\sigma} + \left( \frac{1}{g} + \frac{1}{g^\sigma} \right) \kappa_1$ ,  $g g^\sigma \neq 0$ ;
- (iv)  $\mathfrak{D}^\gamma \left[ \frac{h}{g} \right] = \frac{g^\sigma \mathfrak{D}^\gamma h - h \mathfrak{D}^\gamma g}{g \cdot g^\sigma} + \frac{h^\sigma}{g^\sigma} \kappa_1(\gamma, \cdot)$ ,  $g g^\sigma \neq 0$ .

**Definition 7** (Segi Rahmat, 2019) Let  $\gamma \in [0, 1]$ . If the condition

$$1 + \frac{p(\zeta) - \kappa_1(\gamma, \zeta)}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \mu(\zeta) \neq 0, \quad \text{all } \zeta \in \mathbb{T}^k,$$

holds,  $p : \mathbb{T} \rightarrow \mathbb{R}$  is considered to be  $\gamma$ -regressive.

The whole collection of rd-continuous and  $\gamma$ -regressive functions on  $\mathbb{T}$  is represented by  $\mathcal{R}_\gamma = \mathcal{R}_\gamma(\mathbb{T})$ .

**Definition 8** (Segi Rahmat, 2019) Let  $\gamma \in (0, 1]$  and  $p \in \mathcal{R}_\gamma$ . Suppose that  $p/\kappa_0, \kappa_1/\kappa_0$  delta integrable functions on  $\mathbb{T}$ . The proportional exponential function on  $\mathbb{T}$  for operator  $\mathfrak{D}^\gamma$  is defined by

$$\tilde{e}_p(t, s) = \exp \left[ \int_s^t \frac{1}{\mu(\zeta)} \text{Log} \left( 1 + \frac{p(\zeta) - \kappa_1(\gamma, \zeta)}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \mu(\zeta) \right) \Delta\zeta \right], \tag{7}$$

$$\tilde{e}_0(t, s) = \exp \left[ \int_s^t \frac{1}{\mu(\zeta)} \text{Log} \left( 1 - \frac{\kappa_1(\gamma, \zeta)}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \mu(\zeta) \right) \Delta\zeta \right], \quad s, t \in \mathbb{T},$$

where Log is the basic logarithm function. For  $\mu(t) = 0$ ,

$$\tilde{e}_p(t, s) = \exp \left[ \int_s^t \left( \frac{p(\zeta) - \kappa_1(\gamma, \zeta)}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \right) \Delta\zeta \right], \quad \tilde{e}_0(t, s) = \exp \left[ - \int_s^t \frac{\kappa_1(\gamma, \zeta)}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \Delta\zeta \right]. \tag{8}$$

**Lemma 9** (Segi Rahmat, 2019) Let  $\gamma \in (0, 1]$  and  $p \in \mathcal{R}_\gamma$ . For fixed  $s \in \mathbb{T}$ ,

$$\mathfrak{D}^\gamma [\tilde{e}_p(\cdot, s)] = p(t) \tilde{e}_p(\cdot, s),$$

and for the proportional exponential function  $\tilde{e}_0$ ,

$$\mathfrak{D}^\gamma \left[ \int_a^t \frac{h(\zeta) \tilde{e}_0(t, \sigma(\zeta))}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \Delta\zeta \right] = h(t). \tag{9}$$

**Definition 10** (Segi Rahmat, 2019) Assume that  $h \in C_{rd}(\mathbb{R})$ ,  $\gamma \in (0, 1]$ , and  $t_0 \in \mathbb{T}$ . According to (7),

$$\int \mathfrak{D}^\gamma h(\zeta) \Delta_\gamma \zeta = h(t) + c \tilde{e}_0(t, t_0), \quad \forall t \in \mathbb{T}, c \in \mathbb{R},$$

defines the indefinite proportional integral (anti derivative), and according to Lemma 9

$$\int_a^t h(\zeta) \tilde{e}_0(t, \sigma(\zeta)) \Delta_\gamma \zeta = \int_a^t \frac{h(\zeta) \tilde{e}_0(t, \sigma(\zeta))}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \Delta\zeta, \quad \Delta_\gamma \zeta = \frac{1}{\kappa_0(\gamma, \zeta)} \Delta\zeta, \tag{10}$$

denotes the definite proportional integral of  $h$  on  $[a, b]_{\mathbb{T}}$ .

**Lemma 11** (Segi Rahmat, 2019) Let  $\gamma \in (0, 1]$ ,  $h \in C_{rd}(\mathbb{R})$ . Then,

$$\mathfrak{D}^\gamma \left[ \int_a^t h(\zeta) \tilde{e}_0(t, \sigma(\zeta)) \Delta_\gamma \zeta \right] = h(t). \tag{11}$$

**Lemma 12** (Segi Rahmat, 2019) If  $h, g \in \Omega(\mathbb{T})$ ,

(i)  $\int_a^t \mathfrak{D}^\gamma [h(\zeta)] \tilde{e}_0(t, \sigma(\zeta)) \Delta_\gamma \zeta = [h(\zeta) \tilde{e}_0(t, \sigma(\zeta))]_{\zeta=a}^t.$

(ii)  $\int_a^b h(\zeta) \mathfrak{D}^\gamma [g(\zeta)] \tilde{e}_0(b, \sigma(\zeta)) \Delta_\gamma \zeta = [h(\zeta) g(\zeta) \tilde{e}_0(b, \sigma(\zeta))]_{\zeta=a}^b - \int_a^b g^\sigma(\zeta) \{ \mathfrak{D}^\gamma [h(\zeta)] - \kappa_1(\gamma, \zeta) h(\zeta) \} \tilde{e}_0(b, \sigma(\zeta)) \Delta_\gamma \zeta.$

**Theorem 13** (Anderson & Ulness, 2015) Let  $p \in C_{rd}(\mathbb{T}) \cap \mathcal{R}_\gamma$ ,  $q \in C_{rd}(\mathbb{T})$ ,  $t_0 \in \mathbb{T}$ , and  $y_0 \in \mathbb{R}$ . The solution of the initial value problem

$$\mathfrak{D}^\gamma y = p(t)y + q(t), \quad y(t_0) = y_0,$$

is given by

$$y(t) = y_0 \tilde{e}_p(t, t_0) + \int_{t_0}^t q(\tau) \tilde{e}_g(\sigma(\tau), t) \Delta_\gamma \tau, \quad t \in \mathbb{T}^k, \tag{12}$$

where  $g = \frac{(p - \kappa_1)(\mu \kappa_1 - \kappa_0)}{\kappa_0 + \mu(p - \kappa_1)}$ .

Think about the linear proportional dynamic equation

$$(\mathfrak{D}^\gamma)^3 y + a(t) (\mathfrak{D}^\gamma)^2 y + b(t) (\mathfrak{D}^\gamma y) + c(t) y = F(t), \quad t \in \mathbb{T}^{k^2}, \tag{13}$$

where  $a, b, c \in C_{rd}(\mathbb{T})$ .

**Definition 14** (Anderson & Georgiev, 2020) The function  $y \in C_{rd}^2(\mathbb{T})$  providing the Eq. (13) is referred to as the solution of the equation.

**Theorem 15** (Anderson & Georgiev, 2020) Suppose that the solutions to Eq. (13) are  $y_1, y_2$ , and  $y_3$ . The solution to Eq. (13) for  $p, q, r \in \mathbb{R}$  is thus  $py_1 + qy_2 + ry_3$ .

**Definition 16** (Anderson & Georgiev, 2020) Any functions  $y_1, y_2, y_3 \in C_{rd}^1(\mathbb{T})$  have a proportional Wronskian with definition

$$W(y_1, y_2, y_3) = \begin{vmatrix} y_1 & y_2 & y_3 \\ \mathcal{D}^\nu y_1 & \mathcal{D}^\nu y_2 & \mathcal{D}^\nu y_3 \\ (\mathcal{D}^\nu)^2 y_1 & (\mathcal{D}^\nu)^2 y_2 & (\mathcal{D}^\nu)^2 y_3 \end{vmatrix}. \tag{14}$$

**Definition 17** (Anderson & Georgiev, 2020) The solutions  $y_1, y_2$ , and  $y_3$  of (13) are referred to as the fundamental solution set for (13) if the condition

$$W(y_1, y_2, y_3)(t) \neq 0,$$

is true for any  $t \in \mathbb{T}^k$ .

### 3. Results and Discussions

In this section, the formula of variation of parameters for the third-order linear nonhomogeneous dynamic equation is found, an example is given related to this method, and then a different expression of Wronskian is demonstrated for the two solutions.

**Theorem 18** Think about the linear proportional dynamic equation

$$(\mathcal{D}^\nu)^3 y + a(t)(\mathcal{D}^\nu)^2 y + b(t)(\mathcal{D}^\nu y) + c(t)y = F(t), \tag{15}$$

where  $a, b, c, f \in C_{rd}(\mathbb{T})$ . Assume that the basic solutions to the associated homogeneous equation

$$(\mathcal{D}^\nu)^3 y + a(t)(\mathcal{D}^\nu)^2 y + b(t)(\mathcal{D}^\nu y) + c(t)y = 0, \tag{16}$$

are  $y_1, y_2$  and  $y_3$ . Eq. (15) in this situation has a solution of

$$\begin{aligned} y(t) = & c_1 y_1(t) + c_2 y_2(t) + c_3 y_3(t) \\ & + \left( \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_2^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_3)^\sigma(s) - y_3^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\nu, t} s \right) y_1(t) \\ & + \left( \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) - \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_1^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_3)^\sigma(s) - y_3^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\nu, t} s \right) y_2(t) \\ & + \left( \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_1^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma(s) - y_2^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\nu, t} s \right) y_3(t), \quad t \in \mathbb{T}^{k^2}, \tag{17} \end{aligned}$$

where  $c_1, c_2$ , and  $c_3$  are constants.

**Proof** Let  $y_1, y_2, y_3$  be the fundamental set of solutions to the homogeneous Eq. (16). Investigate the version

$$y(t) = p(t)y_1(t) + q(t)y_2(t) + r(t)y_3(t), \tag{18}$$

of the solution to Eq. (15).

$$\begin{aligned} \mathcal{D}^\nu y(t) = & (\mathcal{D}^\nu p)y_1^\sigma + p(\mathcal{D}^\nu y_1) - \kappa_1 p y_1^\sigma + (\mathcal{D}^\nu q)y_2^\sigma + q(\mathcal{D}^\nu y_2) \\ & - \kappa_1 q y_2^\sigma + (\mathcal{D}^\nu r)y_3^\sigma + r(\mathcal{D}^\nu y_3) - \kappa_1 r y_3^\sigma \end{aligned}$$

$$=p(t)(\mathfrak{D}^\nu y_1)+q(t)(\mathfrak{D}^\nu y_2)+r(t)(\mathfrak{D}^\nu y_3), \tag{19}$$

is deduced from the proportional derivative's product rule. Here, it is assumed that

$$(\mathfrak{D}^\nu p)y_1^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu q)y_2^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu r)y_3^\sigma=\kappa_1py_1^\sigma+\kappa_1qy_2^\sigma+\kappa_1ry_3^\sigma. \tag{20}$$

Similarly, it is obtained

$$\begin{aligned} (\mathfrak{D}^\nu)^2y &=p((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)+(\mathfrak{D}^\nu p)(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma-\kappa_1p(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma+q((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)+(\mathfrak{D}^\nu q)(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma \\ &\quad -\kappa_1q(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma+r((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)+(\mathfrak{D}^\nu r)(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma-\kappa_1r(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma \\ &=p((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)+q((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)+r((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3), \end{aligned} \tag{21}$$

by the assumption

$$(\mathfrak{D}^\nu p)(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu q)(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu r)(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma=\kappa_1p(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma+\kappa_1q(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma+\kappa_1r(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma. \tag{22}$$

The third order proportional derivative of is

$$\begin{aligned} (\mathfrak{D}^\nu)^3y &= \mathfrak{D}^\nu(p(\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)+\mathfrak{D}^\nu(q(\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)+\mathfrak{D}^\nu(r(\mathfrak{D}^\nu)^2y_3) \\ &= p((\mathfrak{D}^\nu)^3y_1)+(\mathfrak{D}^\nu p)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)^\sigma-\kappa_1p((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)^\sigma+q((\mathfrak{D}^\nu)^3y_2)+(\mathfrak{D}^\nu q)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)^\sigma \\ &\quad -\kappa_1q((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)^\sigma+r((\mathfrak{D}^\nu)^3y_3)+(\mathfrak{D}^\nu r)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)^\sigma-\kappa_1r((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)^\sigma. \end{aligned} \tag{23}$$

If the formulae (18), (19), (21), and (23) are inserted in the Eq. (15), accounting for the assumptions of (20), and (22), the equation

$$\begin{aligned} (\mathfrak{D}^\nu)^3y+a(t)(\mathfrak{D}^\nu)^2y+b(t)(\mathfrak{D}^\nu y)+c(t)y &= p(t)[(\mathfrak{D}^\nu)^3y_1+a(t)(\mathfrak{D}^\nu)^2y_1+b(t)(\mathfrak{D}^\nu y_1)+c(t)y_1] \\ &\quad +q(t)[(\mathfrak{D}^\nu)^3y_2+a(t)(\mathfrak{D}^\nu)^2y_2+b(t)(\mathfrak{D}^\nu y_2)+c(t)y_2] \\ &\quad +r(t)[(\mathfrak{D}^\nu)^3y_3+a(t)(\mathfrak{D}^\nu)^2y_3+b(t)(\mathfrak{D}^\nu y_3)+c(t)y_3] \\ &\quad +(\mathfrak{D}^\nu p)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)^\sigma-\kappa_1p((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu q)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)^\sigma \\ &\quad -\kappa_1q((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu r)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)^\sigma-\kappa_1r((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)^\sigma \\ &= F(t), \end{aligned}$$

is discovered. We have recently found the system

$$\begin{aligned} (\mathfrak{D}^\nu p)y_1^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu q)y_2^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu r)y_3^\sigma &= \kappa_1py_1^\sigma+\kappa_1qy_2^\sigma+\kappa_1ry_3^\sigma, \\ (\mathfrak{D}^\nu p)(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu q)(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu r)(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma &= \kappa_1p(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma+\kappa_1q(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma+\kappa_1r(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma, \\ (\mathfrak{D}^\nu p)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu q)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)^\sigma+(\mathfrak{D}^\nu r)((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)^\sigma &= \\ &= \kappa_1p((\mathfrak{D}^\nu)^2y_1)^\sigma+\kappa_1q((\mathfrak{D}^\nu)^2y_2)^\sigma+\kappa_1r((\mathfrak{D}^\nu)^2y_3)^\sigma+F(t). \end{aligned}$$

We derive

$$\left\{ \begin{aligned} \mathfrak{D}^\nu p(t) &= \kappa_1(\alpha, t)p(t)+F(t)\frac{y_2^\sigma(t)(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma-y_3^\sigma(t)(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(t)}, \\ \mathfrak{D}^\nu q(t) &= \kappa_1(\alpha, t)q(t)-F(t)\frac{y_1^\sigma(t)(\mathfrak{D}^\nu y_3)^\sigma-y_3^\sigma(t)(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(t)}, \\ \mathfrak{D}^\nu r(t) &= \kappa_1(\alpha, t)r(t)+F(t)\frac{y_1^\sigma(t)(\mathfrak{D}^\nu y_2)^\sigma-y_2^\sigma(t)(\mathfrak{D}^\nu y_1)^\sigma}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(t)}, \quad t \in \mathbb{T}^{k^2}, \end{aligned} \right.$$



from the previous system.

$$\begin{cases} p(t) = \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_2^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_3)^\sigma(s) - y_3^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\gamma, t} s, \\ q(t) = \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) - \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_1^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_3)^\sigma(s) - y_3^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\gamma, t} s, \\ r(t) = \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_1^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma(s) - y_2^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\gamma, t} s, \quad t \in \mathbb{T}^{k^2}, \end{cases}$$

functions are identified using the formula (12). As a result,

$$\begin{aligned} y(t) = & c_1 y_1(t) + c_2 y_2(t) + c_3 y_3(t) \\ & + \left( \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_2^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_3)^\sigma(s) - y_3^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\gamma, t} s \right) y_1(t) \\ & + \left( \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) - \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_1^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_3)^\sigma(s) - y_3^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\gamma, t} s \right) y_2(t) \\ & + \left( \tilde{e}_{\kappa_1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t F(s) \frac{y_1^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma(s) - y_2^\sigma(s)(\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma(s)}{(W(y_1, y_2, y_3))^\sigma(s)} \tilde{e}_0(\sigma(s), t) \Delta_{\gamma, t} s \right) y_3(t), \quad t \in \mathbb{T}^{k^2}, \end{aligned}$$

is the Eq. (15)'s general solution.

**Theorem 19** While  $y_1$  and  $y_2$  are the solutions of

$$(\mathcal{D}^\nu)^2 y + a(t) \mathcal{D}^\nu y + b(t) y = 0, \quad t \in \mathbb{T}^{k^2},$$

where  $a, b \in C_{rd}(\mathbb{T})$ ,

$$W^\sigma(y_1, y_2) = \left[ \left( 1 - \frac{\mu \kappa_1}{\kappa_0} \right) \left( 1 - \frac{\mu \kappa_1}{\kappa_0} - \frac{a\mu}{\kappa_0} \right) + \frac{b\mu^2}{\kappa_0^2} \right] W(y_1, y_2), \tag{24}$$

is provided.

**Proof** Given that

$$W(y_1, y_2) = \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ \mathcal{D}^\nu y_1 & \mathcal{D}^\nu y_2 \end{vmatrix} = y_1 \mathcal{D}^\nu y_2 - y_2 \mathcal{D}^\nu y_1,$$

according to the Wronskian definition for two solutions,

$$W^\sigma(y_1, y_2) = \begin{vmatrix} y_1^\sigma & y_2^\sigma \\ (\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma & (\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma \end{vmatrix} = y_1^\sigma (\mathcal{D}^\nu y_2)^\sigma - y_2^\sigma (\mathcal{D}^\nu y_1)^\sigma,$$

and

$$h^\sigma = \frac{\mu \mathcal{D}^\nu h + \kappa_0 h - \kappa_1 \mu h}{\kappa_0} = h + \frac{\mu}{\kappa_0} (\mathcal{D}^\nu h - \kappa_1 h),$$

it is derived that

$$\begin{aligned} W^\sigma(y_1, y_2) = & y_1^\sigma \left( \mathcal{D}^\nu y_2 + \frac{\mu}{\kappa_0} ((\mathcal{D}^\nu)^2 y_2 - \kappa_1 \mathcal{D}^\nu y_2) \right) - y_2^\sigma \left( \mathcal{D}^\nu y_1 + \frac{\mu}{\kappa_0} ((\mathcal{D}^\nu)^2 y_1 - \kappa_1 \mathcal{D}^\nu y_1) \right) \\ = & \left( 1 - \frac{\mu \kappa_1}{\kappa_0} \right) (y_1^\sigma \mathcal{D}^\nu y_2 - y_2^\sigma \mathcal{D}^\nu y_1) + \frac{\mu}{\kappa_0} (y_1^\sigma (\mathcal{D}^\nu)^2 y_2 - y_2^\sigma (\mathcal{D}^\nu)^2 y_1). \end{aligned}$$

Given that

$$\left| \begin{matrix} y_1^\sigma & y_2^\sigma \\ \mathfrak{D}^\gamma y_1 & \mathfrak{D}^\gamma y_2 \end{matrix} \right| = \left( \frac{\kappa_0 - \mu\kappa_1}{\kappa_0} \right) W(y_1, y_2), \quad \mathfrak{D}^\gamma W(y_1, y_2) = \left| \begin{matrix} y_1^\sigma & y_2^\sigma \\ (\mathfrak{D}^\gamma)^2 y_1 & (\mathfrak{D}^\gamma)^2 y_2 \end{matrix} \right| - \frac{\kappa_1(\kappa_0 - \mu\kappa_1)}{\kappa_0} W(y_1, y_2),$$

([33], theorem 7.1.8, 7.1.10) in this situation,

$$W^\sigma(y_1, y_2) = \left( 1 - \frac{\mu\kappa_1}{\kappa_0} \right)^2 W(y_1, y_2) + \frac{\mu}{\kappa_0} \left( \mathfrak{D}^\gamma W(y_1, y_2) + \frac{\kappa_1(\kappa_0 - \mu\kappa_1)}{\kappa_0} W(y_1, y_2) \right).$$

is the outcome. On the other hand, according to ([33], theorem 7.1.12) since

$$\mathfrak{D}^\gamma W(y_1, y_2) = - \left( \frac{a(\kappa_0 - \mu\kappa_1)}{\kappa_0} + \frac{\kappa_1(\kappa_0 - \mu\kappa_1)}{\kappa_0} - \frac{b\mu}{\kappa_0} \right) W(y_1, y_2),$$

the eventual result is

$$\begin{aligned} W^\sigma(y_1, y_2) &= \left[ \frac{(\kappa_0 - \mu\kappa_1)(\kappa_0 - \mu\kappa_1 - a\mu) + b\mu^2}{\kappa_0^2} \right] W(y_1, y_2) \\ &= \left[ \left( 1 - \frac{\mu\kappa_1}{\kappa_0} \right) \left( 1 - \frac{\mu\kappa_1}{\kappa_0} - \frac{a\mu}{\kappa_0} \right) + \frac{b\mu^2}{\kappa_0^2} \right] W(y_1, y_2). \end{aligned}$$

**Example 20** Assume that  $\mathbb{T} = \mathbb{Z}$ ,  $\kappa_1(\gamma, t) = (1 - \gamma)t^{2\gamma}$ ,  $\kappa_0(\gamma, t) = \gamma t^{2(1-\gamma)}$ ,  $\gamma \in (0, 1]$ ,  $t \in \mathbb{T}$ . Take into account the following differential equation

$$\left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} \right)^3 y - \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} y = 2t. \tag{25}$$

Firstly, we will find the solution of the corresponding homogeneous equation of Eq. (25)

$$\left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} \right)^3 y - \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} y = 0, \tag{26}$$

by using the method in Anderson & Georgiev (2020). The auxiliary formula for (26) is

$$\lambda^3 - \lambda = 0, \tag{27}$$

and from here the roots are easily found as  $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = -1, \lambda_3 = 1$ .

We may reformat Eq. (26) as follows:

$$\mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} \left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} + 1 \right) \left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} - 1 \right) = 0. \tag{28}$$

Taking

$$\left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} + 1 \right) \left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} - 1 \right) y = y_1, \tag{29}$$

we form

$$\mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} y_1 = 0,$$

and from theorem 13, the solution of this equation is

$$y_1(t) = c_1 \tilde{e}_0(t, t_0), \tag{30}$$

where  $c_1$  is a constant. Now we get

$$\left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} - 1 \right) y = y_2, \tag{31}$$

and from Eq. (28) we form

$$\left( \mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} + 1 \right) y_2 = y_1(t), \tag{32}$$

or

$$\mathfrak{D}^{\frac{1}{3}} y_2 = -y_2 + y_1(t),$$

and using theorem (13), we find its solution as

$$y_2(t) = c_2 \tilde{e}_{-1}(t, t_0) + \int_{t_0}^t y_1(\tau) \tilde{e}_{g_1}(\tau + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} \tau, \quad t \in \mathbb{T}^k, \tag{33}$$

where  $g_1 = \frac{(-1 - \frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}})(\frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}} - \frac{1}{3}t^{\frac{4}{3}})}{\frac{1}{3}t^{\frac{4}{3}} - 1 - \frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}}}$  and  $c_2$  is a constant. From Eq. (31) considering the formula (33) and theorem (13) it can be easily obtained that

$$y(t) = c_3 \tilde{e}_1(t, t_0) + \int_{t_0}^t y_2(\tau) \tilde{e}_{g_2}(\tau + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} \tau, \quad t \in \mathbb{T}^k, \tag{34}$$

where  $g_2 = \frac{(1 - \frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}})(\frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}} - \frac{1}{3}t^{\frac{4}{3}})}{\frac{1}{3}t^{\frac{4}{3}} + 1 - \frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}}}$  and  $c_3$  is a constant. If we substitute the solutions (30) and (33) in the solution (34), we obtain the solution of the homogeneous Eq. (26) as

$$y(t) = c_1 \int_{t_0}^t \int_{t_0}^s \tilde{e}_0(\tau, t_0) \tilde{e}_{g_1}(\tau + 1, t) \tilde{e}_{g_2}(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} \tau \Delta_{\frac{1}{3}} s + c_2 \int_{t_0}^t \tilde{e}_{-1}(\tau, t_0) \tilde{e}_{g_2}(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} \tau + c_3 \tilde{e}_1(t, t_0).$$

Thus if we compare the formula (17), we discovered that

$$y_1(t) = \int_{t_0}^t \int_{t_0}^s \tilde{e}_0(\tau, t_0) \tilde{e}_{g_1}(\tau + 1, t) \tilde{e}_{g_2}(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} \tau \Delta_{\frac{1}{3}} s,$$

$$y_2(t) = \int_{t_0}^t \tilde{e}_{-1}(\tau, t_0) \tilde{e}_{g_2}(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} \tau,$$

$$y_3(t) = \tilde{e}_1(t, t_0).$$

So, it is possible to find the general solution of the given problem by while keeping in mind that these formulae and  $F(t) = 2t$  in formula (17):

$$y(t) = c_1 y_1(t) + c_2 y_2(t) + c_3 y_3(t)$$

$$\begin{aligned} &+ \left( \tilde{e}_{\frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}}}(t, t_0) + \int_{t_0}^t 2s \frac{y_2(s+1) \Delta_{\frac{1}{3}} y_3(s+1) - y_3(s+1) \Delta_{\frac{1}{3}} y_2(s+1)}{W(y_1, y_2, y_3)(s+1)} \tilde{e}_0(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} s \right) y_1(t) \\ &+ \left( \tilde{e}_{\frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}}}(t, t_0) - \int_{t_0}^t 2s \frac{y_1(s+1) \Delta_{\frac{1}{3}} y_3(s+1) - y_3(s+1) \Delta_{\frac{1}{3}} y_1(s+1)}{W(y_1, y_2, y_3)(s+1)} \tilde{e}_0(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} s \right) y_2(t) \\ &+ \left( \tilde{e}_{\frac{2}{3}t^{\frac{2}{3}}}(t, t_0) + \int_{t_0}^t 2s \frac{y_1(s+1) \Delta_{\frac{1}{3}} y_2(s+1) - y_2(s+1) \Delta_{\frac{1}{3}} y_1(s+1)}{W(y_1, y_2, y_3)(s+1)} \tilde{e}_0(s + 1, t) \Delta_{\frac{1}{3}} s \right) y_3(t). \end{aligned}$$

#### 4. Conclusion

The variation of parameters was examined using the proportional derivative as a general example of a conformable derivative for the third-order linear nonhomogeneous dynamic equation, and an example was given on time scales with the special choice of the functions  $\kappa_0(\gamma, t)$  and  $\kappa_1(\gamma, t)$ .

**Acknowledgements:** This research is part of the second author’s master’s thesis, which was carried out at Firat University, Türkiye.

#### References

1. **Abdeljawad, T. (2015).** On conformable fractional calculus. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 279, 57–66.
2. **Agarwal, R., Bohner, M., O'Regan, D. & Peterson, A. (2002).** Dynamic equations on time scales: a survey. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 141(1-2), 1-26.

3. **Anderson, D.R. & Georgiev, S.G. (2020).** *Conformable Dynamic Equations on Time Scales*. Chapman and Hall/CRC.
4. **Anderson, D.R. & Ulness, D.J. (2015).** Newly defined conformable derivatives. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 10(2), 109-137.
5. **Aulbach, B. & Hilger, S. (1990).** A unified approach to continuous and discrete Dynamics. in: *Qualitative Theory of Differential Equations* (Szeged, 1988), 37–56, Colloq. Math. Soc. János Bolyai, 53 North-Holland, Amsterdam.
6. **Benkhattou, N., Brito da Cruz, A. M. C. & Torres, D. F. M. (2015).** A fractional calculus on arbitrary time scales: Fractional differentiation and fractional integration. *Signal Processing*, 107, 230–237.
7. **Benkhattou, N., Hassani, S. & Torres, D. F. M. (2016).** A conformable fractional calculus on arbitrary time scales. *Journal of King Saud University (Science)*, 28(1), 93-98.
8. **Bohner, M. & Peterson, A. (2001).** *Dynamic equations on time scales, An introduction with applications*. Boston, MA: Birkhauser.
9. **Bohner, M. & Peterson, A. (2004).** *Advances in Dynamic Equations on Time Scales*. Boston: Birkhauser.
10. **Bohner, M. & Svetlin, G. (2016).** *Multivariable dynamic calculus on time scales*. Cham: Springer.
11. **Gulsen, T., Yilmaz, E. & Goktas, S. (2017).** Conformable fractional Dirac system on time scales. *Journal of Inequalities and Applications*, 2017(1), 161.
12. **Gülşen, T., Yılmaz, E. & Kemaloğlu, H. (2018).** Conformable fractional Sturm-Liouville equation and some existence results on time scales. *Turkish Journal of Mathematics*, 42(3), 1348-1360.
13. **Hilger, S. (1990).** Analysis on measure chains a unified approach to continuous and discrete calculus. *Results in Mathematics*, 18(1).
14. **Katugampola, U. (2014).** A new fractional derivative with classical properties, arXiv:1410.6535v2.
15. **Khalil, R., Horani, M. Al., Yousef, A. & Sababheh, M. (2014).** A new definition of fractional derivative. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 264, 57–66.
16. **Li, Y., Ang, K. H. & Chong, G. C. (2006).** PID control system analysis and design. *IEEE Control Systems Magazine*, 26(1), 32-41.
17. **Ortigueira, M. D. & Machado, J. T. (2015).** What is a fractional derivative?. *Journal of Computational Physics*, 293, 4-13.
18. **Segi Rahmat, M. R. (2019).** A new definition of conformable fractional derivative on arbitrary time scales. *Advances in Difference Equations*, 2019 (1), 1-16.
19. **Yilmaz, E., Gulsen, T. & Panakhov, E. S. (2022).** Existence Results for a Conformable Type Dirac System on Time Scales in Quantum Physics, *Applied and Computational Mathematics an International Journal*, 21(3), 279-291.



# DYESTUFF REMOVAL FROM SYNTHETIC TEXTILE WASTEWATER USING OLIVE LEAF AS ADSORBENT MATERIAL

Büşra Özkul<sup>1</sup>, Neval Ocak<sup>1</sup>, Burcu Tan<sup>2\*</sup>, Tijen Ennil Bektaş<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, 17020, ÇANAKKALE

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Science, Department of Chemistry, 17020, ÇANAKKALE

## Abstract

The textile industry is one of the sectors where water use is high. Textile wastewater contains a high percentage of dyestuffs. Dyestuffs prevent photosynthetic activities in water and disrupt the ecological balance in water. Treatment of dyestuffs is very important for the prevention of water pollution and for the health of living things. There are several methods for the treatment of wastewater containing dyestuffs. In this study, it was aimed to remove dyestuff from synthetic textile wastewater by using olive leaf by adsorption method. The effects of initial pH, amount of adsorbent, contact time and temperature on adsorption were investigated. According to the data obtained, optimum conditions were determined as pH 2, 0.25 g of adsorbent, 2 hours of contact time, and a temperature of 25 °C. When the experimental data were applied to the kinetic models, it was observed that they conformed to the pseudo-second-order rate equation. The data obtained at the end of the experiments were applied to the Langmuir and Freundlich isotherm models. It was observed that the data obtained with olive leaf conformed to the Freundlich isotherm. The reaction for the olive leaf is an exothermic and occurs spontaneously, according to thermodynamic analysis. Negative entropy indicates a decrease in disorder in adsorption.

**Key Words:** Textile wastewater, dyestuff, adsorption, olive leaf

## 1. Introduction

The increase in the world population, insufficient environmental awareness, rapid developments in industry and technology cause an increase in water use and a decrease in the amount of usable water. Water supplies are being depleted as the demand for water is rising (Akın & Akın, 2007). Global water demand is expected to increase to 6,000 km<sup>3</sup> per year by 2050, while developing countries are expected to face major water pollution and water scarcity (Yusoff et al., 2023). With the increase in the world population, the need for clothing has also increased. The textile sector has also been able to grow because to the fast-evolving fashion industry and advancing technology. The share of the textile industry in Türkiye in production is around 20%. (Şeker, 2007). The growing textile industry has also led to a rise in water use and wastewater production. Textile industry wastewater contains BOD, COD, AKM and high dyestuffs. The textile industry is the main user of dyestuffs (Bharathiraja et al, 2018; Ganaie, 2023). Wastewater treatment is challenging due to the high levels of COD and dyestuff in wastewater that cause the water's visual quality to deteriorate. Even trace amounts of dye in wastewater are highly visible and the color of wastewater is the most visible contaminant (Crini & Badot, 2008). Wastewater containing dyestuffs, which are discharged into receiving environments without being treated, prevents light from entering the water and adversely affects photosynthetic activities under water. However, they accumulate in aquatic organisms and form toxic and carcinogenic products. For this reason, they cause the flora of the environment to change. Due to the presence of aromatic rings in the paint, it is very difficult to biodegrade. There are several reported methods for the treatment of dyestuff containing wastewater (Srivastava & Choubey, 2021). Treatment procedures are carried out after selecting the best techniques based on the composition of the wastewater produced by the textile industry (Namal, 2017). Companies must develop unique process designs due to the industry's varying rates of water and dyestuff usage (URL-1, 2022). The dyestuff removal in wastewater is carried out by choosing the most suitable method for each process (Yagub et al., 2014). Treatment processes can be carried out in three different ways as physical, chemical and biological "URL-2, 2022" (Dutta et al. 2021). The adsorption method, one of the physical approaches, will be used in this study to remove dyestuffs from textile wastewater. Adsorption is a technique used in wastewater treatment to remove dyestuffs by employing compounds referred to as adsorbents that can hold

### \*Corresponding Author:

Burcu Tan; Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Science  
Department of Chemistry,  
17020, Çanakkale-Türkiye.

Geliş (Received) : 14.07.2023

Kabul (Accepted) : 21.09.2023

Basım (Published) : 31.12.2023

dyestuffs (URL-3, 2012). Adsorption processes are an advantageous approach for wastewater treatment, especially since the adsorbent is cheap and does not require a pre-treatment step before it is applied (Moosavi, 2020).

Currently, various adsorbent materials are used to treat dye-containing wastewater, such as carbon-based nano-adsorbents, bio-sorbents, polymer-based adsorbents, transition metal-based oxides, and MOFs (Ojedokun & Bello, 2017; Asadullah, 2010; Xue *et al.* 2010; Yao *et al.*, 2011; Wang & Wei, 2017; Haque *et al.*, 2010; Aboelfetoh *et al.*, 2020). Agricultural waste has low cost. These preferred wastes are biodegradable and sustainable. It is very advantageous compared to carbon-based adsorbents (Bhatnagar & Sillanpaa, 2010). The study's objective was to use an organic waste, olive leaf, as an adsorbent material to remove dyestuff from synthetic textile wastewater. Olive is a plant belonging to the Mediterranean climate. A by-product is produced every year because of the cultivation and extraction of olives (Hannachi *et al.*, 2010). Research to find new uses for the byproducts of olive oil production is of great importance not only for the economy but also for the environment in olive growing communities (Blazquez *et al.*, 2011). One of the by-products of the olive tree is the olive leaf. Each tree produces 25 kg or more in leaves and branches of olives annually. Türkiye accounts for 9% of global olive production. Consequently, a lot of waste olive leaf is generated. Thus, olive leaf is a cheap adsorbent material because it is abundant and cost-effective (Geylan, 2016).

## 2. Materials and Methods

In this study, In this study, dyestuff removal by adsorption method using olive leaf from synthetic textile wastewater was investigated. Olive leaf wastes were obtained from an olive oil producing factory in Çanakkale region. Olive leaves were washed with distilled water. For 72 hours, it was kept in a 40°C drying-oven. It was ground in a grinder, sieved with a sieve and placed in a desiccator. 30 g NaCl, 1.6 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 0.1 g Sumifix Supra Blue EXF were mixed in a beaker and distilled water was added and 1L solution was obtained. It was stirred for 1 hour at 50°C via magnetic stirrer. The prepared solution was adjusted to have a pH of 6.9 in order to be close to the textile industry wastewater, and a stock solution was prepared at a concentration of 100 mg/L. New solutions were prepared in 50 ml volumes, with concentrations of 5,15,20,25,30,35 and 40 mg/L, respectively. The absorbance values of the prepared solutions were determined with a Shimadzu UV-1280 spectrophotometer device at a wavelength of 610 nm. Working line graph and equations were obtained with these values.

Regarding adsorption method, 50 ml of the solution with a concentration of 50 mg/L was taken and left in contact with a specific amount of adsorbent in a shaking water bath at 25 °C for 24 hours. By using HCl and NaOH solutions of different concentrations, the solution's initial pH was modified to reflect various values and the dyestuff removal was investigated. A solution of 50mg/L concentration was added to four flasks as 50 ml each, 0.25; 0.5; 1 and 1.25 g adsorbent was added respectively, and adsorption was carried out at optimum pH value. These flasks were stirred in a water bath at 25°C for 24 hours. Olive leaf was added at optimum pH and optimum amount of adsorbent by taking 50 ml each to the flasks from the 50 mg/L-concentrated solution. It was stirred at 25; 35 and 45°C in a water bath for 24 hours. Entropy, enthalpy, free enthalpy change, and equilibrium constant were determined during adsorption, and a thermodynamic analysis of adsorption was investigated. 50 ml of the solution, which has a concentration of 50mg/L, was taken into the flasks and mixed at 25°C in a water bath at various time periods (1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 17; 20; 24 hours) at the optimum pH and adsorbent amount. The Langmuir and Freundlich isotherm models were used to analyze the data that were acquired at the end of the experiments. Experiment data were applied to pseudo-first order and pseudo-second-order rate equations.

Percentage dyestuff removal (Removal%) was calculated by using (1).

$$\text{Removal \%} = ((C_0 - C) \times 100\%) / C_0 \quad (1)$$

where  $C_0$  represents the initial concentration(mg/L).  $C$  is the concentration after a certain time of adsorption. The amount of dyestuff that was calculated to have been absorbed on the adsorbent surface is

$$q = [(C_0 - C_e)V]/m \quad (2)$$

where  $C_0$  and  $C_e$ (mg/L) are the dye concentrations at starting and equilibrium, respectively; and  $q$  is the amount of dye adsorbed onto the adsorbent (mg/g);  $V$  is the solution's volume (L), and  $m$  is the adsorbent's mass (g).

### 3. Results and Discussions

#### 3.1 Characteristics of olive leaf

Surface morphologies were examined using scanning electron microscopy (SEM) and X-Ray Diffraction method (XRD). SEM images were obtained using the JEOL-JSM 7100-F Scanning Electron Microscope. XRD data was obtained with the PANalytical Empyrean instrument. At the same time, the chemical analysis of the samples was determined with the EDX (Energy Distribution X-Ray Spectrometer) detector in the SEM device. The results are given in Figures 1 and 2.

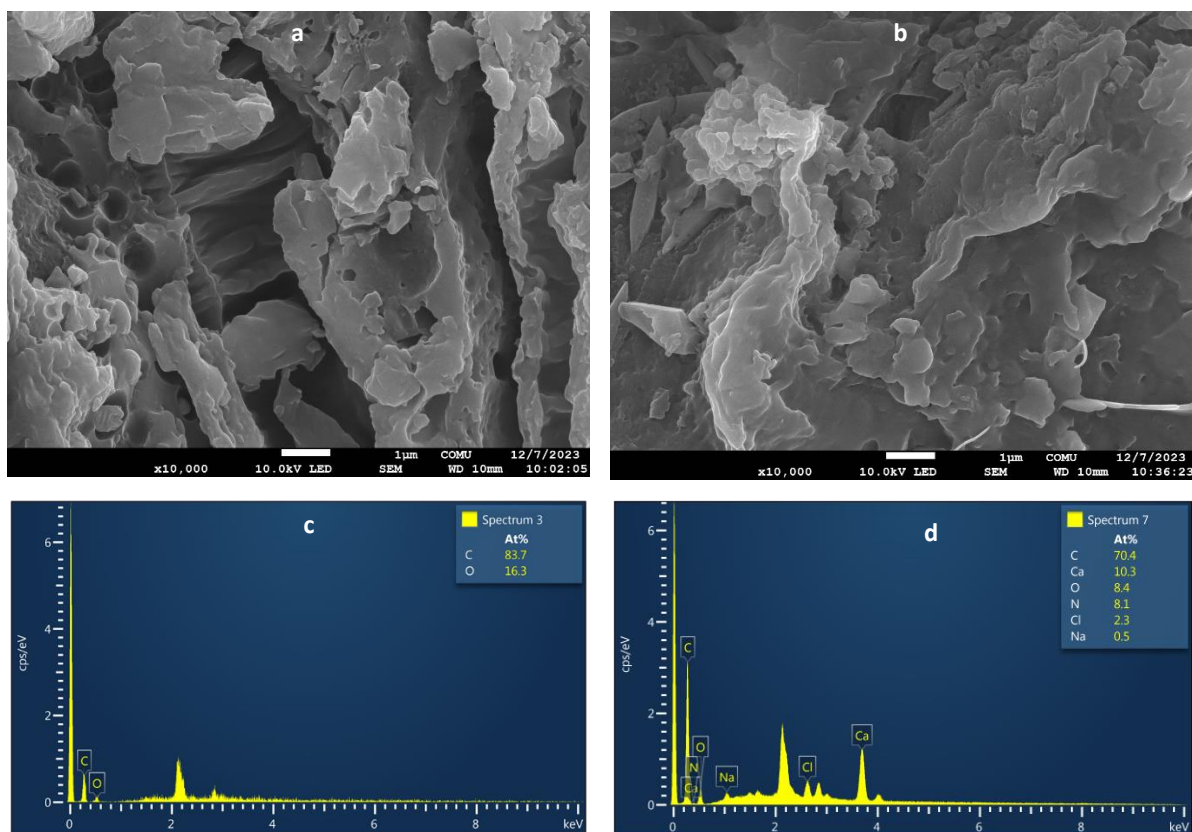


Fig. 1 Images captured by SEM of the raw olive leaves (a), olive leaves after adsorption (b) and EDX analysis of the raw olive leaves (c), olive leaves after adsorption (d)

SEM images show that the dyestuff is adsorbed quite well on the raw olive leaf. Before the adsorption process, the olive leaf used as an adsorbent has a porous and very rough structure (Fig. 1a). This structure provides a good area for the adsorbent to adhere. After adsorption process, it is seen that the pores of the olive leaf are closed with dyestuff and the surface is covered with dyestuff layers (Fig. 1b). In this image, the presence of active surface areas, which are still present, can be observed. This shows that the pore capacity and area of the surface are suitable for adsorption. Elemental analysis shows that the raw olive leaf consists of two major compositions, C and O elements (Fig. 1c). The olive leaf analysis after adsorption includes elements of both the olive leaf and the dyestuff, together with minor compositions (Fig. 1d). These images prove that the dyestuff is well adsorbed by the olive leaf.

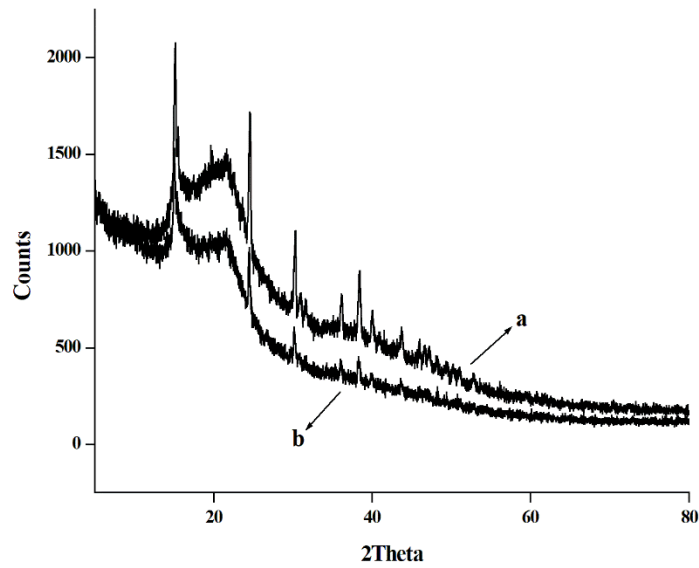


Fig. 2 XRD results of the raw olive leaves (a), olive leaves after adsorption (b)

According to the XRD results, the wide diffraction peaks (decreased peak density) (Fig. 2a) of the raw olive leaf mean that they have less crystallinity compared to the olive leaves form (Fig. 2b) after adsorption (Soleimanifard et al., 2019; Liu & Wu, 2010).

**3.2 Effect of initial pH**

The pH value of the solution, which has a concentration of 50 mg/L, was measured as 6.9. The pH values studied for this parameter are 2,4, 6,9 and 9. 0.25g of olive leaves were put into each flask and it was held for 24 hours in a water bath with a shaking motion at 25C. The outcomes are represented in Fig.3.

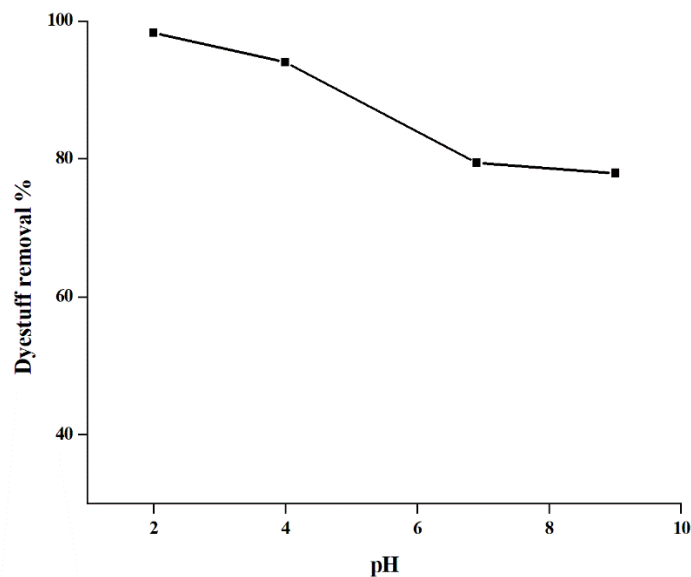


Fig. 3 The effect of initial pH value on dye stuff removal

As it evident from the Fig. 3, it was determined that the highest dye removal occurred in the solution with a pH value of 2. The surface charge of the adsorbent generally has a significant impact on adsorption. Olive leaf consists of powerful plant polyphenols that are anti-oxidative. Scientific studies have shown that the oleuropein substance contained in the olive leaf is much higher than the other parts and has revealed that it is an active phytochemical. Oleuropein is hydrolyzed with acid and turns into (-) elenolic acid compound, which is reported as antiviral (URL-4, 2022). Because there are too many protons in solutions, the negative charge on the surface of olive leaf is diminished, which contributes to the good removal of dyestuff at lower pH levels. The system's pH falls as a result, and the quantity of positively charged sites rises. Sumifix dyes are reactive dyes. Anionic dyes that are extremely water soluble are reactive dyes. Electrostatic attraction makes the dyestuff anion more likely to bind to a positively charged surface spot on the adsorbent.

### 3.3 Effect of adsorbent amount

To investigate the impact of adsorbent quantity, several quantities (0.25-1.25g) of ground olive leaves were used. It was stored for 24 hours at 25°C in a water bath that was shaking. The optimum amount of adsorbent was determined as 0.25g. The percentage of dyestuff removal against the amount of adsorbent is given in Figure 4. The effectiveness of dyestuff removal of the olive leaf was about between 99.6% and 99.9% in adsorbent quantity of 0.25 and 1.5 g/50 mL, respectively. The lowest amount of 0.25 g was used as the optimum amount of adsorbent.

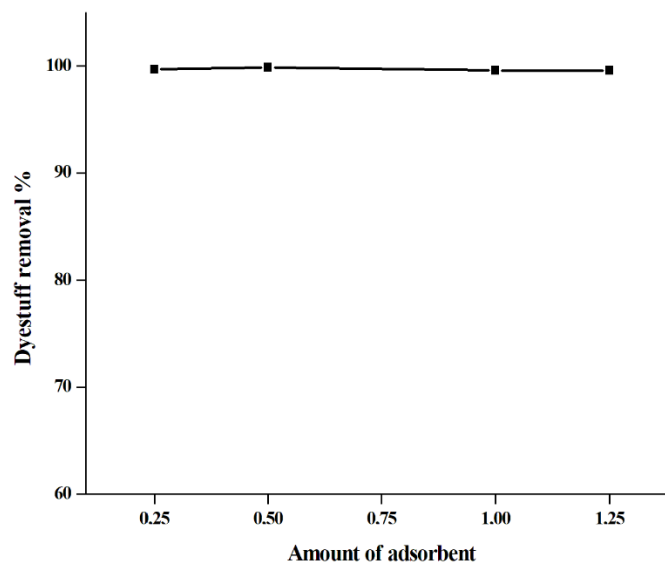


Fig. 4 Effect of amount of the adsorbent on dyestuff removal

### 3.4 Temperature effect

To investigate the impact of temperature, 50 ml of the 50 mg/L-concentrated solution was taken into the flasks and 0.25 g adsorbent was added at pH 2. Through the adsorption process, according to the values obtained from the spectrophotometer, it was determined that the olive leaf reached the highest percentage of dyestuff removal at 25°C (Fig.5).



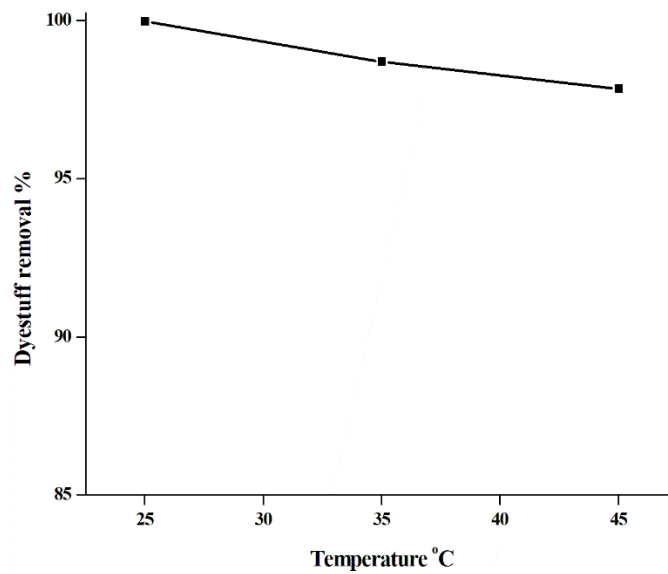


Fig. 5 Temperature effect on dyestuff removal

During adsorption, entropy, enthalpy, free enthalpy change and equilibrium constant are determined and thermodynamic investigation of adsorption is performed. Accordingly, temperature is an important parameter.

Table 1. Thermodynamic data of olive leaf

Temperature (°C)	Kc	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta S^\circ$ (J/mol K)	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)
25	126,86480	-11999,1		
35	15,23209	-6973,8	-312,58	-104540,2
45	9,07643	-5831,4		

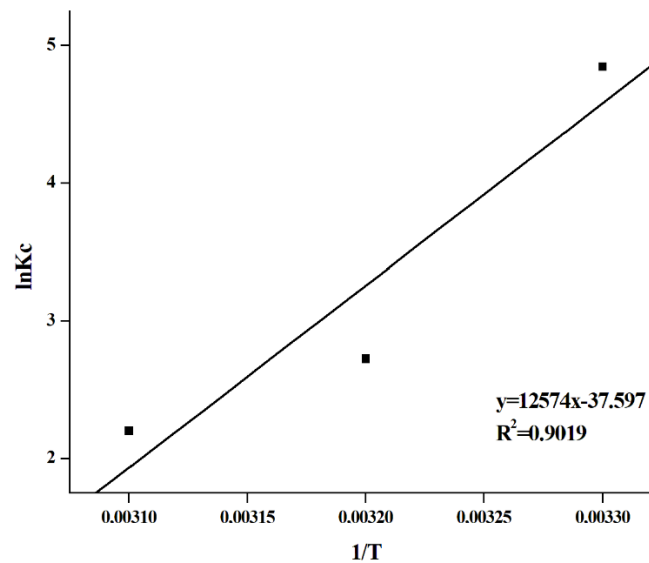


Fig. 6 The plot of 1/T versus dyestuff removal

During adsorption, entropy, enthalpy, free enthalpy change and equilibrium constant were determined, and the thermodynamic investigation of adsorption was carried out. The graph of  $\ln K_c$  vs.  $1/T$  is given in Figure 6. The thermodynamic data of the olive leaf, which is an adsorbent substance, are given in Table 1.

The variation in standard free energy ( $\Delta G^\circ$ ), entropy ( $\Delta S^\circ$ ) and enthalpy ( $\Delta H^\circ$ ) of the following equations were used to calculate:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c \quad (3)$$

where  $T$  is the temperature in K,  $K$  is the equilibrium constant, and  $R$  is the gas constant. The estimated equilibrium constant ( $K$ ) is:

$$K = \frac{q_e}{C_e} \quad (4)$$

The van't Hoff equation indicates that:

$$\ln K = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \quad (5)$$

With the use of this equation, a  $1/T$  graph was created against  $\log K_c$ . This graph's slope is  $\Delta H^\circ$  and its cut point is  $\Delta S^\circ$ . Evaluating according to the graph of the Van't Hoff equation, the parameters  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  and  $\Delta G^\circ$  were calculated (Table 1). The spontaneous behavior of the adsorption process is indicated by the negative values of  $\Delta G^\circ$  at various temperatures. The negative value of  $\Delta S^\circ$  suggests that the system exhibits random behavior.

### 3.5 Effect of contact time

The contact time of the adsorbent and the dyestuff is a crucial parameter to reach the maximum removal percentage. In order to establish the optimum contact time, 50 mg/L solutions with a pH 2 were shaken with 0.25 g olive leaves at 25°C for different times. Dye removal increased during 2 hours and reached equilibrium after 2 hours. The results are given in Figure 7. The water boundary layer that surrounds the adsorbent particles is broken down through mixing. As a result, a layer is emerging from which solubilizing dyestuff molecules will be able to resist sorbent diffusion. The molecules of the dyestuff can be held on the adsorbent's surface and pores when this layer is lifted from the center.

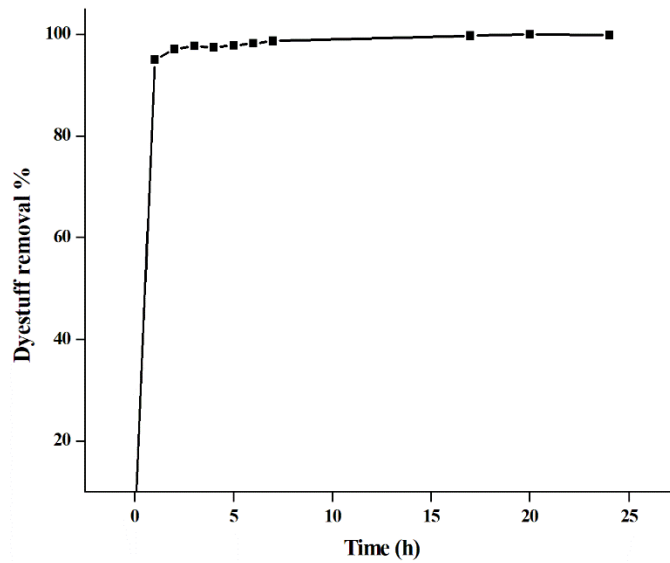


Fig. 7 The plot of contact time versus dyestuff removal

To make the mechanism of the adsorption process more descriptive, pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic models were investigated. Lagergreen's equation provides a basic pseudo-first order equation (Ho, 2004):

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} \cdot t \tag{6}$$

where  $k_1$  is the rate constant of adsorption ( $\text{h}^{-1}$ ) and  $q_e$  and  $q_t$  are the amounts of dyestuff adsorbed ( $\text{mg/g}$ ) at equilibrium time and at time  $t$  (h), respectively. For olive leaf, the value of  $k_1$  was determined using the  $\log(q_e - q_t)$  vs.  $t$  plot (Fig.8).

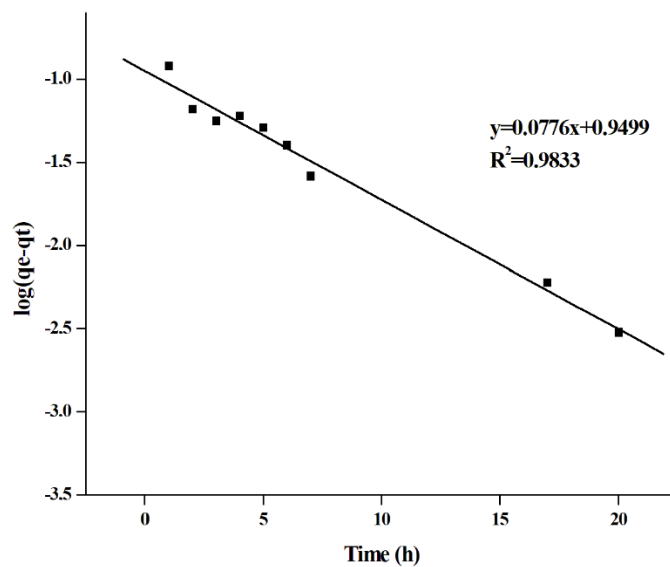


Fig. 8 The plot of pseudo first-order model for olive leaf

Adsorption equilibrium capacity-based pseudo-second order equations may be expressed as follows (Ho, 2003):

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \tag{7}$$

the pseudo-second order rate constant (g/mg min) is represented by  $k_2$ . Experimentally, the slope and intercept of the  $t/q_t$  vs  $t$  plot can be used to calculate the equilibrium adsorption capacity ( $q_e$ ) and second order constants ( $k_2$ ). (Fig. 9).

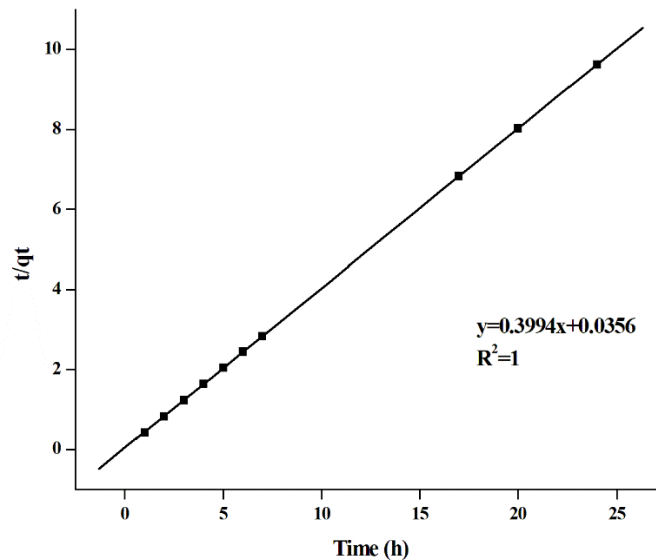


Fig. 9 The plot of pseudo second-order model for olive leaf

Table 2. Kinetic constants

$q_{exp}$	Pseudo-first-order		Pseudo-second-order			
	$K_1$	$q_e$	$R^2$	$K_2$	$q_e$	$R^2$
2.49	0.18	0.11	0.9833	4.49	2.5	1

Table 2 lists each constant and the models' linear regression coefficient values. In comparison to a second-order kinetic model, the regression coefficient for a first-order kinetic model is lower. Additionally, the calculated and experimental  $q_e$  values are not coincide. The findings show that adsorption data cannot adequately characterize a first-order kinetic model. The regression coefficient for the second-order kinetic model is 1. Furthermore, the computed and experimental values of  $q_e$  coincide fairly well. As a result, it can be seen that the adsorption mechanism is justified by the pseudo-second order kinetic model. Other workers reported experiencing similar outcomes. (Öztürk & Bektaş, 2004).

### 3.6 Adsorption isotherms

The relationship between the equilibrium concentration attained and the amount of material adsorbed per unit adsorbent in the study was used to analyze equilibrium isotherm models. It was determined that the equilibrium data obtained were compatible with the Freundlich and Langmuir isotherm models.

The Freundlich equation is shown by the equation that follows (Weber 1972):

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \tag{8}$$

$K$  (mg/g) which stands for the Freundlich intensity constant, and  $n$ , which stands for the Freundlich capacity constant. A plot of linear Freundlich equation  $\log C_e$  versus  $\log q_e$  is shown in Fig. 10.

The Langmuir equation was applied for the adsorption equilibrium of the olive leaf (Weber 1972):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{C_e}{q_m} \tag{9}$$

where  $C_e$  is the equilibrium concentration (mg/L),  $q_e$  is the amount of dyestuff adsorbed at equilibrium (mg/g),  $q_m$  and  $K_L$  are adsorbent’s maximum capacity and Langmuir equilibrium constant, respectively. A plot of linear Langmuir equation  $C_e$  versus  $C_e/q_e$  is illustrated in Fig. 11.

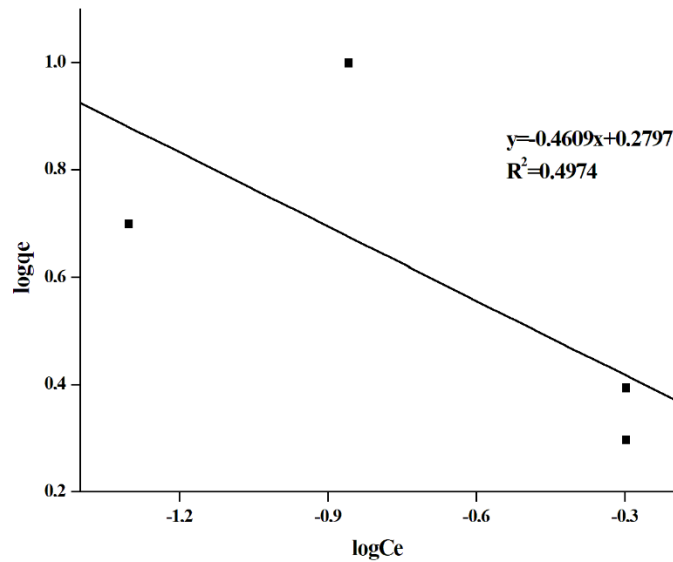


Fig. 10 The graph of Freundlich isotherm for olive leaf

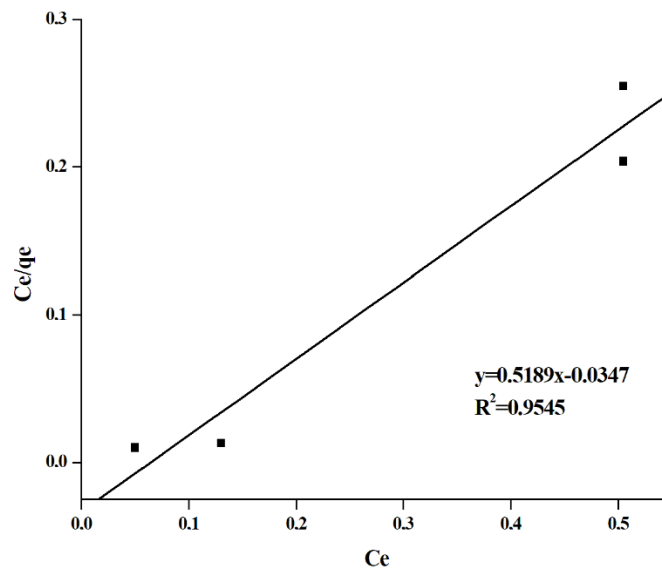


Fig. 11 The graph of the Langmuir isotherm for olive leaf

Table 3 gives the isotherm constants. According to the correlation coefficients, Langmuir isotherm model is the most suitable model.



Table 3. Isotherm constants

Isotherm	Freundlich Isotherm		Langmuir Isotherm	
Constant	n	K <sub>f</sub>	q <sub>m</sub>	K <sub>L</sub>
	-2,1696	1,904	1,927	-14,95

#### 4. Conclusions

In this study, the amount of adsorbent, the effect of initial pH, contact time and temperature parameters on dyestuff removal in textile wastewater were investigated. In the adsorption process in which olive leaf was used as adsorbent, it was observed that the removal of dyestuff increased as the pH value decreased. As a result, the optimum pH value was determined as 2. Another parameter is the amount of adsorbent. While examining this parameter, no discernible difference was found on the dyestuff removal of the adsorbent used in different amounts. Considering the cost issue, the optimum amount of adsorbent is 0.25 g, which is the lowest amount. When the effect of contact time was investigated, it was found that the dyestuff removal rose for 2 hours and then stayed constant. The optimum contact time was established as 2 hours since the adsorption reached equilibrium after 2 hours. The optimum adsorption temperature was found to be 25°C when the effect of temperature was investigated. It was found that there was a direct proportionality between the temperature and the removal of the dyestuff.

This study revealed that the adsorption of olive leaf conforms to Langmuir isotherms. When the experiments were analyzed kinetically, it was determined that the olive leaf adsorption conformed to the pseudo-second-order rate equations. When adsorption thermodynamics is investigated, it was found that the reaction was exothermic for olive leaf adsorption for the reason  $\Delta H^{\circ} > 0$ . This value is quite high and indicates that the adsorption is chemical adsorption. A negative value of  $\Delta G^{\circ}$  indicates that the reaction takes place spontaneously. SEM images (Fig. 1a, Fig. 1b) of the olive leaf also support that the pore capacity and surface area of the olive leaf are quite suitable for adsorption. While the surface was quite rough before the adsorption process, the rough surface was covered with layers of dyestuff after the adsorption process.

#### Acknowledgement

This study was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University Scientific Research Projects Coordination Unit. (Project No: FHD-2023-4249)

#### References

1. **Aboelfetoh, E.F., Gemeay, A.H., El-Sharkawy, R.G. (2020).** Effective disposal of methylene blue using green immobilized silver nanoparticles on graphene oxide and reduced graphene oxide sheets through one-pot synthesis. *Environ. Monit. Assess.* 192, 355.
2. **Akın, M., & Akın, G. (2007).** Importance of water, water potential in Turkey, water basins and water pollution. *The Journal of the Faculty of Languages and History-Geography*, 47(2), 105-118.
3. **Asadullah, M., Asaduzzaman, M., Kabir, M.S., Mostofo, M.G., Miyazawa, T. (2010).** Chemical and structural evaluation of activated carbon prepared from jute sticks for Brilliant Green dye removal from aqueous solution. *J. Hazard. Mater.* 1-3, 437-443.
4. **Bharathiraja B., Jayamuthunagai J., Praveenkumar R., Iyyappan J. (2018).** Phytoremediation techniques for the removal of dye in wastewater. *Bioremediation: applications for environmental protection and management*, 243-252.
5. **Bhatnagar, A., Sillanpaa, M. (2010).** Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment- a review. *Chem. Eng. J.* 157, 277-296.
6. **Blazquez, G., Martin-Lara, M.A., Tenorio, G. (2011).** Batch biosorption of lead(II) from aqueous solutions by olive tree pruning waste: Equilibrium, kinetics and thermodynamic study. *Chem. Eng. J.*, 198, 170-177.
7. **Crini G. & Badot P.M. (2008).** Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: a review of recent literature. *Prog. Polym. Sci.* 33(4), 33-447.

8. **Dutta, S., Gupta, B., Srivastava, S.K., Gupta, A.K. (2021).** Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbent: a critical review, *Mater. Adv.* 2, 4497.
9. **Ganaie R.J., Rafiq S., Sharma A. (2023).** Recent Advances in Physico-chemical Methods for Removal of Dye from Wastewater. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1110, 012040.
10. **Geylan, F. M. (2016).** *Production of nanoactive carbon from olive leaf and determination of some physical properties*, Master's Thesis, Balıkesir University, Balıkesir, Türkiye.
11. **Hannachi, H., Breton, C., Msallem, M., Hadj, S.B.E., Gazzah, M.E., Berville, A. (2010).** Genetic relationships between cultivated and wild olive trees (*Olea Europaea* L. Var. *Europaea* and Var. *Sylvestris*) based on nuclear and chloroplast SSR markers. *Nat. Resour.*, 01,95.
12. **Haque, E., Lee, J.E., Jang, I.T., Hwang, Y.K., Chang, J., Jegal, J., Jung, S.H. (2010).** Adsorptive removal of methyl orange from aqueous solution with metal-organic frameworks, porous chromium-benzenedicarboxylates. *J. Hazard. Mater.* 1-3, 535-542.
13. **Ho, Y.S. (2004).** Citation review of Lagergren kinetic rate equation on adsorption reaction. *Scientometrics*, 59(1), 171-177.
14. **Ho, Y.S. (2003).** Removal of metal ions from sodium arsenate solution using tree fern. *Transactions of IChemE, Part B* 81, 352-356.
15. **Liu, C.H. & Wu C.T. (2010).** Optimization of nanostructured lipid carriers for lutein delivery. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 353 149–156.
16. **Moosavi, S., Lai, C.W., Gan, S., Zamiri, G., Pivehzhani, O.A., Johan, M.R. (2020).** Application of Efficient Magnetic Particles and Activated Carbon for Dye Removal from Wastewater. *ACS Omega*, 5, 20684-20697.
17. **Namal, O.Ö. (2017).** Investigation of Processes Used in the Treatment of Textile Industry Wastewater. *Nevşehir Journal of Science and Technology, ICOCEE Special issue*, 388-396. DOI: 10.17100/nevbiltek.322169
18. **Ojedokun, A.T., Bello, O.S. (2017).** Kinetic modeling of liquid-phase adsorption of Congo red dye using guava leaf-based activated carbon. *Appl. Water Sci.* 7, 1965-1977.
19. **Öztürk, N., Bektaş T.E. (2004).** Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials. *Journal of Hazardous Materials*, 112 (1-2) 155-162.
20. **Soleimanifard, M., Mahoonak A.S., Sepahvand A., Heydari R., Farhadi S. (2019).** Spanish olive leaf extract-loaded nanostructured lipid carriers: Production and physicochemical characterization by Zetasizer, FT-IR, DTA/TGA, FE-SEM and XRD. *J Food Process Preserv.* 43:e13994.
21. **Srivastava, V., Choubey A.K. (2021).** Investigation of adsorption of organic dyes present in wastewater using chitosan beads immobilized with biofabricated CuO nanoparticles. *J. Mol. Struct.*, 1242, 130749.
22. **Şeker, A. F. (2007).** *Investigation of the removal of various dyestuffs used in the textile industry with activated carbon.* Master's Thesis, Gebze Technical University, İzmit, Türkiye.
23. **URL-1 (2022).** Artemis Arıtım, ‘‘ What are BOD and COD parameters?’’ [www.artemisaritim.com](http://www.artemisaritim.com)
24. **URL-2 (2022).** Wikipedia, ‘‘Wastewater treatment’’, <https://tr.wikipedia.org>
25. **URL-3 (2012).** <https://cevre.erciyes.edu.tr/upload/XYN1LR12-koI.pdf>, Chemical Oxygen Demand, (2012). Kayseri: Erciyes University, Department of Environmental Engineering, Environmental Chemistry Laboratory Course.
26. **URL-4 (2022).** [https://tibuad.istanbul.edu.tr/tr/content/blog/olea-europaea-l-folium-\(zeytin-yapragi\)](https://tibuad.istanbul.edu.tr/tr/content/blog/olea-europaea-l-folium-(zeytin-yapragi))
27. **Wang, H., Wei, Y. (2017).** Magnetic graphene oxide modified by chloride imidazole ionic liquid for the high-efficiency adsorption of anionic dyes. *RSC Adv.*, 7, 9079.
28. **Weber, W.J. (1972).** *Physicochemical Processes for water Quality Control*, Wiley, New York, 640.
29. **Yagub, M.T., Sen, T.K., Afroze, S., Ang, H.M. (2014).** Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. *Adv. Colloid Interface Sci.* 209, 172-184.
30. **Yao, Y., Bing, H., Feifei, X., Xiaofeng, C. (2011).** Equilibrium and kinetic studies of methyl orange adsorption on multiwalled carbon nanotubes. *Chem. Eng. J.* 170(1), 82-89.
31. **Yusoff, N.H.M., Chong C.H., Wong V.L., Cheah K.H., Wan Y.K. (2023).** The influence of structural topology of additively manufactured PEGDA monolith on adsorption performance for textile wastewater treatment. *Asia-Pac. J. Chem.* e2952.
32. **Xue, A., Zhou, S., Zhao, Y., Lu, X., Han, P. (2010).** Adsorption of reactive dyes from aqueous solution by silylated palygorskite. *App. Clay Sci.* 48(4), 638-640.

# MODELING OF AIRPORT CHECK-IN UNITS ARCHITECTURAL DESIGN AND PROCESSING TIME STANDARDS WITH FUZZY APPROACH

Ferhat Pakdamar<sup>1\*</sup>, Çetin Süalp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Architecture, Faculty of Architecture, Gebze Technical University, 41400, KOCAELİ

## Abstract

There is a number of architectural problems that airports must meet such as ensuring the circulation of passengers in terminal building quickly and shortening the time between flights. This is related to the concept of level of service (LOS) which aims to keep passengers in circulation at an affordable cost with minimum delay and maximum comfort without being exposed to congestion. LOS standards have been developed by the International Air Transport Association (IATA) for density analysis of airport terminal buildings. However, with the increase in capacities and user density, there are gradual decreases in standards with sharp boundaries, and this situation is true in the context of strict limits but does not fully reflect reality. Besides, a fuzzy assumption has been made to the issue, both due to the fact that LOS are set with different values in standards published in different years, and to allow rapid and efficient analysis of density changes in unexpected situations. Within the scope of the study, the LOS standards of the check-in areas and sub-functions which are used extensively and host a large number of passengers are modeled in matlab program by means of fuzzy logic. Four independent mathematical models were created: a design decision support model for the architectural design related to the check-in section, and three models for the check-in sub-functions, processing times and areas for business performance. In the models, output data were obtained for each input data and LOS could be determined by interpreting these outputs degree of representation.

**Key Words:** Fuzzy assumption, fuzzy logic, IATA, level of service, airport terminal

## 1. Introduction

Airports are places where arriving passengers get their first impressions of a country and departing passengers get their last. In this respect, airport terminal buildings which act as a showcase that introduces a country are exposed to the world and bring growth potential to the regions where they are located (Horonjeff et al., 2010; Kazda & Caves, 2015). Therefore, it is important for terminal buildings to provide necessary comfort conditions for passengers both in terms of obtaining positive impressions of passengers about a country and increasing user satisfaction. With the increase in flights and the decrease in air transport fares, airport terminal buildings have become places that people frequently use. Hitherto the Covid-19 pandemic in 2020 where a reported decrease of 60% in airport traffic was witnessed, other reports indicated a sustained increase in airport traffic up until 2019 and as of 2021 (ICAO, 2022; Thampan et al., 2020). Considering that airport strategic planning is made by taking into consideration the estimates ranging from 20 to 50 years, the increase in user density over time brings with it problems that need to be solved for future planning (Waltert et al., 2021).

As a result of the increase in the number of users of airport terminal buildings, there are a number of architectural problems that airport terminals must meet, such as ensuring quick circulation of passengers within the building to shorten the time between connecting flights (Tošić, 1992). It is possible to predict the overall size of a terminal building design before determining detailed calculations of the areas to be designed for specific functions. Projected total size of terminal projects are related to the concept of level of service (LOS) which aims to keep passengers in circulation at an affordable cost with minimum delay and maximum comfort, without being exposed to excessive congestion. The concept of LOS is also used in the density analysis of existing airport terminal buildings and in the decision of investment strategies (IATA, 1995; Solak et al., 2009). Therefore, one of the main problems for airport management is to be able to meet the increasing capacity while maintaining financial viability and an acceptable LOS. Airlines, airport operators and relevant government agencies strive to anticipate airport capacity and potential problems that will be caused by the increase in density (IATA, 2004). The development of LOS measurements for airport terminals has been one of the most important issues for airport operators in recent

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ferhat PAKDAMAR; Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,  
Mimarlık Bölümü,  
41400, Kocaeli-Türkiye.

Geliş (Received) : 31.03.2023

Kabul (Accepted) : 04.10.2023

Basım (Published) : 31.12.2023

years (Correia et al., 2008). LOS standards have been developed by the International Air Transport Association (IATA) for density analysis of airport terminal buildings. LOS standards related to the functions of airport terminal buildings can be reached from different editions of the Airport Development Reference Manual (ADRM) published by IATA. The values corresponding to the LOS standards ranking from A (the best) to E (the worst) have changed over the last three decades and have been increased in details according to the sub-functions of the airport (such as check-in, security point or baggage claim). As understood from ADRMs, the LOS standards of airport terminal buildings are determined within the framework of definite value ranges. However, it can be predicted that the actual service perception cannot be in full correlation with the standards determined with sharp boundaries. In addition, the definition of different values for standards in different editions of ADRM strengthens the hypothesis that there cannot be strict boundaries between level of services (from A to E). Other than IATA, studies on LOS include the Airport Cooperative Research Program (ACRP) report sponsored by the Federal Aviation Administration (FAA) and the regulations of the Airports Council International (ACI) are available. However, in the documents of ACRP and ACI, in the parts related to airport terminal level of service, IATA standards are cited (ACI, 2012; ACRP, 2010).

As mentioned before, airport terminal buildings are starting to fail to meet the required LOS in the regulations due to their architectural programs that increase in capacity over time. However, with the increase in capacities and user density, there are gradual decreases in standards with sharp boundaries (e.g. a terminal with a density of C level can drop to level D as a result of adding a single person), and this situation is true in the context of strict limits, but does not fully reflect reality. Besides to this situation, the existence of different values related to standards also requires a fuzzy assumption. Within the scope of the study, the LOS standards determined by IATA for the check-in areas, which are used intensively and host a large number of passengers, due to the fact that ADRMs become more and more detailed in terms of standards, have been modeled and made flexible by means of fuzzy logic. The LOS standards in different editions of ADRM were defined as membership functions, and the data were modeled in the matlab program. Thanks to the four mathematical models built on the fuzzy approach, the uncertainty of the LOS standards in the context of different regulations and the sharpness of the level drops can be eliminated (McNeill & Thro, 1994).

## 2. The LOS Concept of Airport Check-in Units

Planners and decision makers should keep in mind that travelers visit an airport for one reason: to catch a flight. Therefore, the expectations and needs of passengers should be at the center of the planning process (IATA, 2004). Passengers, airlines and other terminal users have their own ideas about the comfort, convenience and cost, and therefore evaluate the terminal's performance in terms of such factors (Lemer, 1992). However, comfortable walking for the movement of pedestrians is already a necessity in modern transportation systems (Cepolina et al., 2018). Although large spaces may be needed for an unobstructed pedestrian flow, the fact that there are spaces that are larger than necessary causes the resources not to be used effectively. The concept of LOS, introduced by Transport Canada in the 1970s due to the inadequacy of the widely used definition of capacity, was developed by planners and designers to provide a degree of precision in the design and capacity analysis for transport facilities (Ashford, 1988; IATA, 2014). While the concept of capacity is always related to the level of service provided, an airport system can operate with varying degrees of intensity and delays. For example, a particular system can handle 1000 passengers per hour at the optimal service level or 1500 passengers per hour at an inadequate LOS (e.g. in case of overcrowding) (IATA, 2014). However, it is difficult to establish a precise quantitative relationship between available space, time and LOS. Many factors such as passenger behavior patterns, psychological needs and passenger comfort can affect the required space depending on the waiting time (IATA, 1995). Passenger characteristics vary according to the region they come from, travel purposes and flight destinations. For example, a businessman/woman may travel with a small number of bags and arrive at the airport later than those traveling for holiday purposes.

There are studies in the literature that take into account the waiting and processing times, the space requirement, and different users (e.g. transit and arriving passengers) related to the LOS (Correia & Wirasinghe, 2007; de Barros et al., 2007; Ronzani Borille & Correia, 2013). There are studies that aim to produce forecast models that will allow calculating the daily and hourly density of passengers in the terminal (Kim et al., 2004; Liu et al., 2018). In addition, passenger flow simulations are produced for different usage scenarios over real and hypothetical spaces (Fonseca i Casas et al., 2014; Jim & Chang, 1998; Li et al., 2019; Roanes-Lozano et al., 2004). There are also studies in the literature examining behaviors and processes of passengers at the terminal (Kalakou & Moura, 2021; Stollitz, 2011). There is also a study using questionnaires to determine LOS (Park, 1999) and a study on the compliance of IATA LOS standards with pandemic conditions (di Mascio et al., 2020). There are also studies that

examine the time spent in check-in and baggage claim areas with fuzzy logic over both the time perceived by the passengers and the number of people and luggage (Kıyıldı & Kardeşahin, 2008; Yen et al., 2001). Within the scope of this paper, unlike other studies that proceed through fuzzy logic, the LOS standards of the check-in departments, both time and space, and only space needs are emphasized.

As mentioned above, there are different LOS definitions in different editions of ADRM. According to Table 1, level C is recommended in order to obtain a good level of service with affordable cost and to use resources effectively. There is no upper limit for level A. In the eighth edition of ADRM, published in 1995, there are LOS standards for five different areas in terminal buildings (IATA, 1995) (Table 2).

Table 1. Definitions of level of services (IATA, 1995).

Level of Service	Definition
A	An Excellent level of service. Conditions of free flow, no delays.
B	High level of service. Conditions of stable flow, very few delays.
C	Good level of service. Conditions of stable flow, acceptable delays.
D	Adequate level of service. Conditions of unstable flow, acceptable delays for short periods of time.
E	Inadequate level of service. Conditions of unstable flow, unacceptable delays.
F	Unacceptable level of service. Conditions of cross-flows, system breakdowns and unacceptable delays.

Table 2. IATA LOS standards (sq. meter/occupant) (IATA, 1995).

	A	B	C	D	E	F
Wait / Circulate	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	
Bag Claim Area (excl. claim device)	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	
Check-in Queue Area	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	System Breakdown
Hold Room	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	
GIS	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	

In the ninth edition of ADRM, check-in LOS standards have become more detailed with four different possibilities, according to row widths and the number of luggage and trolleys owned by passengers (Table 3).

Table 3. IATA LOS standards for the check-in queue (in a single line) (sq. meter/occupant) (IATA, 2004).

	A	B	C	D	E
Few carts and few passengers with check-in luggage (row width 1.2 m).	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9
Few carts and 1 or 2 pieces of luggage per passenger (row width 1.2 m).	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1
High percentage of passengers using carts (row width 1.4 m).	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5
'Heavy' flights with 2 or more items per passenger and a high percentage of passengers using carts (row width 1.4 m).	2.6	2.3	2.0	1.9	1.8
Average of four different LOS	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3

When the check-in LOS values in Tables 2 and 3 are compared, it can be seen that the values in Table 2 are close to the values of row 2 in Table 3 (few carts and 1 or 2 pieces of luggage per passenger). In addition, since the possible scenarios in Table 3 are situations that a terminal may be constantly exposed to, the values in each column have been averaged in order to provide an optimum approach within the scope of the evaluation. The LOS concept has been updated in the tenth edition of ADRM to reflect the dynamic nature of terminal operation more strongly. Unlike previous ADRM editions, the new concept, which defines time as a LOS indicator has three levels as indicated in Table 4 (IATA, 2014).



Table 4. IATA LOS standards (IATA, 2014).

Level of Service	Space	Time
Overdesign	Excessive or empty space.	Overprovision of resources.
Optimum	Sufficient space to accommodate the necessary functions in a comfortable environment.	Acceptable processing and waiting times.
Suboptimum	Crowded and uncomfortable.	Unacceptable processing and waiting times.

While planning/designing the waiting areas of the facilities, two important variables determine LOS together, viz; Queue area and waiting time. In Table 5, the space axis defines the amount of area per passenger, while the time axis indicates the maximum waiting time for passengers waiting in line. Both axes are required to define the LOS (IATA, 2014).

Table 5. IATA LOS space/time standards (IATA, 2014).

		Space		
		Overdesign (>Y m <sup>2</sup> )	Optimum (X to Y m <sup>2</sup> )	Suboptimum (<X m <sup>2</sup> )
Time	Overdesign (<A mins)	Overdesign	Optimum	Consider improvements
	Optimum (A mins to B mins)	Optimum	Optimum	Consider improvements
	Suboptimum (>B mins)	Consider improvements	Consider improvements	Underprovided, reconfigure

If both space and time axes indicate optimum/suboptimum level, the facility offers an acceptable/unacceptable LOS. When one of the axes indicates an optimum and the other suboptimum, it may be necessary to make improvements in the facility. Operational improvements such as increasing the quality of personnel and processing speeds, or physical improvements such as removing circulation from a queue, rearranging queues to increase free space, or adding processing units can be made. Any facility that falls into "suboptimum" requires major improvements and immediate action to be taken (IATA, 2014). LOS standards for check-in departments, both in terms of space and time, are defined in the tenth edition of ADRM (Table 6).

Table 6. IATA Check-in LOS standards (IATA, 2014).

	Space standards for waiting areas (sq. meter/occupant)					Waiting time standards for processing facilities (economy class – mins)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ADRM 9 <sup>th</sup> Ed.										
ADRM 10 <sup>th</sup> Ed.	Overdesign		Optimum	Suboptimum		Overdesign		Optimum	Suboptimum	
Self-Service Boarding Pass / Tagging	>1.8		1.3 - 1.8	<1.3		0		0-2	>2	
Bag Drop Desk (queue width 1.4-1.6 m)	>1.8		1.3 - 1.8	<1.3		0		0-5	>5	
Check-in Desk (queue width 1.4-1.6 m)	>1.8		1.3 - 1.8	<1.3		<10		10-20	>20	

In the eighth, ninth and tenth editions of ADRMs, it is seen that the most detailed approach regarding the check-in level of service in terms of space was carried out in the ninth edition where possible situations were taken into account and 6 graded evaluation charts such as A, B, C, D, E and F (not shown except in table 2) were used. In the tenth edition, the sub-functions of the check-in areas were examined. However, it can be seen that the square meter values are repeated, and it is passed from the 6-grade evaluation chart to a 4-grade evaluation chart such as overdesign, optimum, consider improvements and underprovided (not shown except in table 5). This situation prevents the intermediate and/or limit values to be seen, apart from being good/moderate/bad/unacceptable. Apart from these standards, eleventh and twelfth editions of ADRM have also been published (IATA, 2019; IATA 2022). However, it is not added to the fuzzification model. Since it is seen that they are not open sources currently. Also,

the main aim of this research is to constitute the mathematical evaluation models for the LOS standards. Thus, the database can be extended effortlessly in the future.

### 3. Fuzzy Approach to the Concept of Level of Service

Fuzzy approach or fuzzy logic, introduced by L. Askerzadeh, is a system of thought that allows the definition of propositions that cannot be expressed precisely and contain uncertainty through mathematics (Zadeh, 1965). It requires fuzzy set logic to be able to use the values that we cannot distinguish precisely and cannot judge clearly by machines such as computers. Thanks to this important expansion that fuzzy logic brought to literature and practice, many points where Aristotle's dual logic missing within the framework of Ancient Greek philosophy were revealed (Ross, 2010). In the context of architectural design, fuzzy logic is used to make precise and efficient decisions and evaluations (Diker & Erkan, 2021). Besides, there are studies integrated with the analytical hierarchy process and conducted with the spherical fuzzy set theory (Bostancıoğlu, 2020; Singer & Özşahin, 2021).

The reasons for choosing the fuzzy approach in modeling levels of service are that it allows for taking into account the differences between standards that change over time, for preventing of gradual decreases in LOS, and for analyzing the intense changes in unexpected situations quickly and efficiently (Ballis et al., 2002; Klir & Yuan, 1995). Although the standards that change over time may seem close to each other, at some points the changes can reach values such as 30% (the difference between the standards in different editions of ADRM for defining the E level of service). For this purpose, the aforementioned LOS standards in different editions of ADRM are gathered on a single graphic (Figure 1).

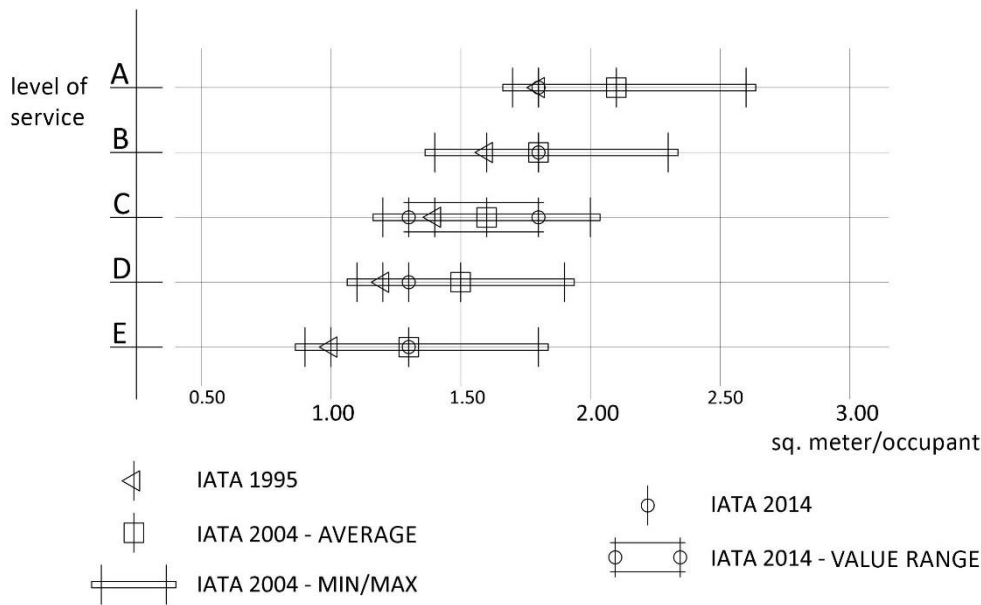


Fig. 1. Check-in LOS space standards in different editions of ADRM.

In the ninth edition of ADRM, LOS standards have been introduced for four different situations that may occur in check-in areas. In Figure 1, the minimum and maximum values of these standards defined in the ninth edition are shown with an empty long rectangle and the average of the 4 values defined for each case is shown with a hollow square. A similar situation exists in the tenth edition of ADRM. Here only the 1.3-1.8 sq. meter/pax range (circle and double horizontal line) for LOS C is shown, but the average (1.55) is not shown.

### 4. Fuzzy Approach Models of Check-in LOS Standards

Within the scope of the study, four mathematical models were created with the fuzzy extension of matlab program in order to evaluate the LOS of the check-in section. One of the four models is univariate and focuses on space, while the other three are bivariate and focus on space and processing times. While there are space values in all four models developed, a 6-level evaluation chart was used in Model 1 (univariate). However, since the output

variables are 4 degrees in other models, a 4-grade evaluation chart was used for space values. Otherwise, the model will be insensitive to extra input variables.

The fuzzification of check-in space LOS standards common to all four models was made using the values given in Figure 1. To create mathematical models within the framework of fuzzy logic, the LOS values in the examined standards are defined as membership functions (Figure 2). In order to define the membership functions of Model 1, the arithmetic average of the values existing in all three regulations was taken. While the arithmetic average of the regulations was taken, each regulation was evaluated with an equal coefficient. For the averaged values in Figure 1, the values are shown with an empty triangle, square and circle, and in Figure 2, they are expressed with a solid rectangle. The value of 1.55, which is the average of the range of 1.3-1.8 for the 2014 IATA standard, which is defined only for the level C, is included in the weighted average. The averaged A, B, C, D and E levels are defined as the points where the fuzzy logic membership functions have a value of 1.00. The point where the LOS A membership function is 1 is 1.90 sq. meter/pax, while for B, C, D and E it is 1.73, 1.52, 1.33 and 1.20 sq. meter/pax, respectively. The part where the LOS F membership function is defined as 1 is the lowest value in the ADRM (ninth edition) standard, which is 0.9 sq. meter/pax and below. The point where the LOS A is defined as the maximum in the regulations is 2.60 sq. meter/pax. Values above this LOS are defined as A+ level. Each membership function is given the name of the point or range where the membership degree is 1.00. The points where each membership function takes the value 0.00 are defined where the neighboring upper and lower LOS membership functions take the value 1.00. For values above 1.90 sq. meter/pax and below for A+ and above 1.20 sq. meter/pax for F, both membership functions take the value 0.00.

For Models 2, 3 and 4, each membership function of the 4-level evaluation chart defined for the space in the tenth edition of ADRM is derived from the membership functions of Model 1. Overdesign, optimum, consider improvements and underprovided levels are defined as fields where fuzzy logic membership functions have a value of 1.00. The point where the overdesign LOS membership function is 1.00 is 1.90 sq. meter/pax and above, while for the others it is 1.52, 1.20 and 0.90 sq. meter/pax and below respectively. Therefore, the values corresponding to the B and D levels in the membership functions of Model 1 correspond to the intermediate values in the space membership functions of Models 2, 3 and 4 (Figure 2).

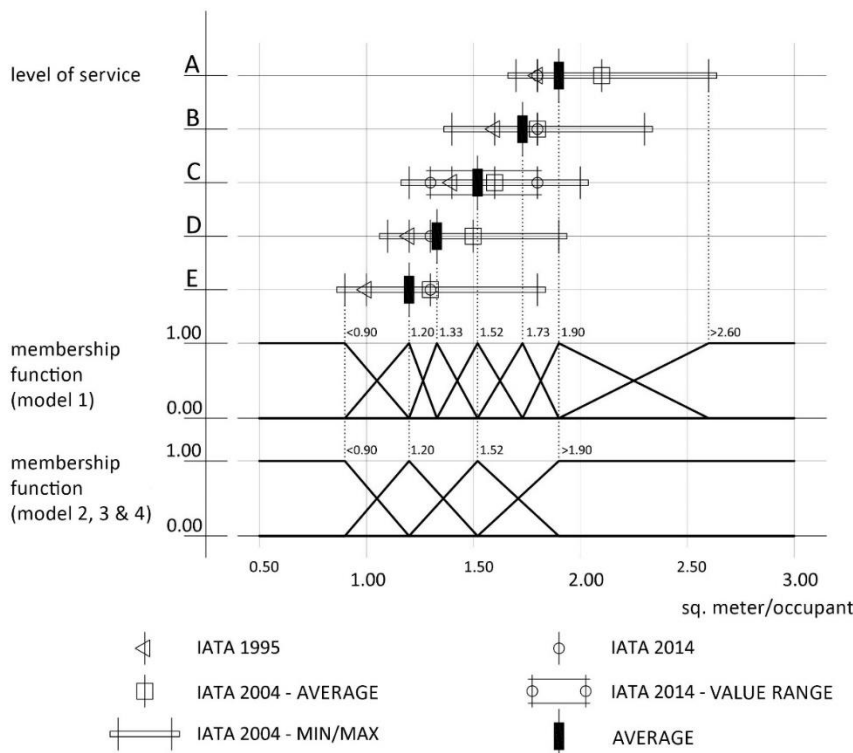


Fig. 2. Fuzzification of check-in LOS space standards.

In Figure 2, LOS standards and fuzzy membership functions are aligned with vertical dotted lines. The name of each function is written in the upper right part of the peaks where the membership functions are 1.00. The value

ranges of the membership functions of the models are defined between [0.5-3.00]. However, smaller or larger values can be included in the membership functions  $< 0.90$  or  $> 2.60$ , respectively.

The fuzzification of the check-in processing time standards defined in the tenth edition of ADRM was made using the values given in Table 6 (Figure 3). The midpoints of the optimum service levels defined in Table 6 are defined as the points where the membership functions are 1.00. The points where the optimum service levels were defined as 0.00 were calculated by adding half of the optimum time interval to the maximum value of the optimum time and subtracting half of the optimum time interval from the minimum value of the optimum time. If overdesign LOS is defined as 0 (zero) minute, that point is also the point where the optimum LOS is defined as 0. The points where optimum LOS are defined as 0.00 are also points where other membership functions are 1.00.

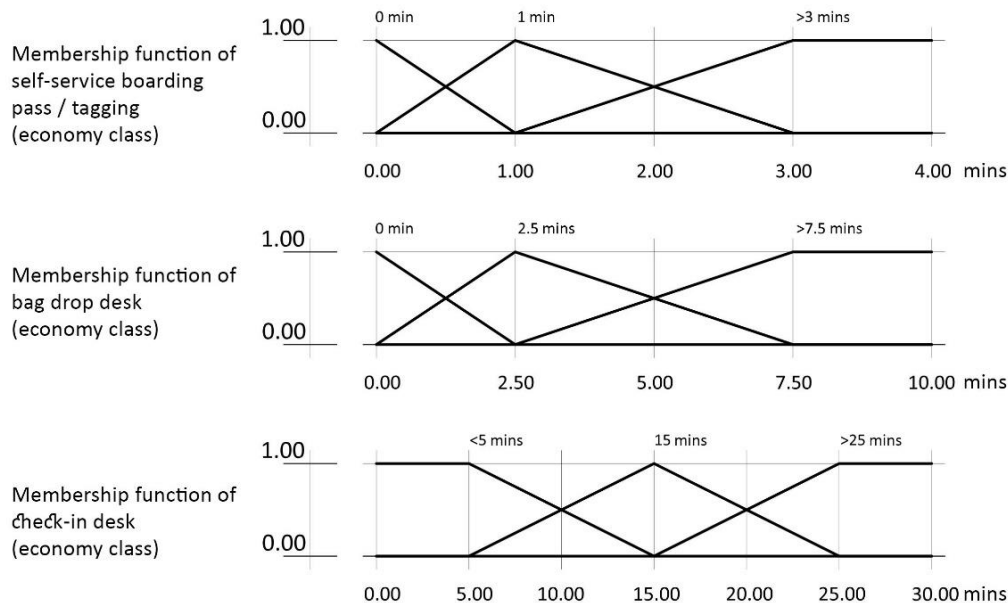


Fig. 3. Fuzzification of check-in LOS processing time standards.

In this section, in order to model the LOS standards of the check-in areas with a fuzzy approach, the data obtained from the standards were defined as membership functions and thus, the fuzzification process was carried out. To define the membership functions, the averages and min-max values of the data obtained from the regulations were used. The rule base and defuzzification of the four models is explained in the sub-headings.

Within the scope of the study, Sugeno Fuzzy Inference System (FIS) was preferred. The weighted average method was used for the defuzzification process. The reason why Mamdani method is not preferred is that the output functions to be defined for A+ and F in Model 1 and for overdesign and underprovided in Model 2, 3 & 4 will be in trapezoidal form, so the appropriate results from the geometric center of the area under these functions are not given. However, since the Sugeno method separates each LOS in the output function in terms of category, appropriate results can be obtained.

#### 4.1. Model 1 – LOS of check-in areas

In Model 1, a mathematical model of the check-in sections was created only in the context of architectural design. After the membership functions (Figure 2) have been created, the rules that can be expressed as “IF sq. meter/pax is ... THEN level of service is ...” are written. While creating the rule base, the membership function indicating each LOS is matched with the corresponding level:

1. IF (m2/occupant is  $< 0.9$ ) THEN (level\_of\_service is F) (1)
2. IF (m2/occupant is 1.2) THEN (level\_of\_service is E) (1)
3. IF (m2/occupant is 1.33) THEN (level\_of\_service is D) (1)
4. IF (m2/occupant is 1.52) THEN (level\_of\_service is C) (1)
5. IF (m2/occupant is 1.73) THEN (level\_of\_service is B) (1)

6. IF (m2/occupant is 1.90) THEN (level\_of\_service is A) (1)
7. IF (m2/occupant is >2.6) THEN (level\_of\_service is A+) (1)

Since each input variable was matched with a different output variable, a total of 7 rules were written. The expression (1) at the end of the rules indicates the coefficient at which each rule affects the result. Within the scope of this study, the coefficients of all rules were included in the system to be equal. As a result of defining 7 LOS for the defuzzification process, values between 0 to 6 were assigned to the output function and the LOS was defined for each unit, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, as F, E, D, C, B, A and A+ respectively. For example, when 1.58 sq. meter/pax value is entered in Model 1, the system gives the value 3.29. In this case, since the value of 3.29 is between 4.00 (B) and 3.00 (C), it represents the level B by 29% and the level C by 71% membership grade.

#### 4.2. Model 2 – LOS of self-service boarding pass/tagging area and processing time

In Model 2, a mathematical model of the check-in self-service boarding pass/tagging section was created in terms of both area and processing time. After the membership functions (Figures 2, 3) have been created, rules that can be expressed in the form of “IF processing time is ... AND sq. meter/pax is ... THEN level of service is ...” are written. Table 5 was used while creating the rule base:

1. IF (self-service\_boarding\_pass is 0min) AND (m2/occupant is >1.9m2) THEN (level\_of\_service is overdesign) (1)
2. IF (self-service\_boarding\_pass is 1min) AND (m2/occupant is >1.9m2) THEN (level\_of\_service is optimum) (1)
3. IF (self-service\_boarding\_pass is 3mins) AND (m2/occupant is >1.9m2) THEN (level\_of\_service is consider\_improvements) (1)
4. IF (self-service\_boarding\_pass is 0min) AND (m2/occupant is 1.52m2) THEN (level\_of\_service is optimum) (1)
5. IF (self-service\_boarding\_pass is 1min) AND (m2/occupant is 1.52m2) THEN (level\_of\_service is optimum) (1)
6. IF (self-service\_boarding\_pass is 3mins) AND (m2/occupant is 1.52m2) THEN (level\_of\_service is consider\_improvements) (1)
7. IF (self-service\_boarding\_pass is 0min) AND (m2/occupant is 1.2m2) THEN (level\_of\_service is consider\_improvements) (1)
8. IF (self-service\_boarding\_pass is 1min) AND (m2/occupant is 1.2m2) THEN (level\_of\_service is consider\_improvements) (1)
9. IF (self-service\_boarding\_pass is 3mins) AND (m2/occupant is 1.2m2) THEN (level\_of\_service is underprovided) (1)
10. IF (self-service\_boarding\_pass is 0min) AND (m2/occupant is <0.9m2) THEN (level\_of\_service is underprovided) (1)
11. IF (self-service\_boarding\_pass is 1min) AND (m2/occupant is <0.9m2) THEN (level\_of\_service is underprovided) (1)
12. IF (self-service\_boarding\_pass is 3mins) AND (m2/occupant is <0.9m2) THEN (level\_of\_service is underprovided) (1)

Since there are 3 input variables for the processing time and 4 input variables for the sq. meter/pax, a total of 12 (3×4) rules were written. The expression (1) at the end of the rules indicates the coefficient at which each rule affects the result. Within the scope of this study, the coefficients of all rules were included in the system to be equal. As a result of the definition of 4 LOS for the defuzzification process, values between 0 to 3 were assigned to the output function and the LOS was defined for each unit, 0, 1, 2, 3 as underprovided, consider improvements, optimum and, overdesign respectively.

For example, when 1.5 minutes (90 seconds) processing time and 1.35 sq. meter/pax value are entered into the Model 2, the system gives the value 1.22. In this case, since the value of 1.22 is between 1.00 (consider improvements) and 2.00 (optimum), it represents the "consider improvements" level by 78% and the "optimum" level by 22%.

#### 4.3. Model 3 – LOS of bag drop desk area and processing time

The mathematical model of the bag drop desk section in Model 3 which is created in terms of both area and processing time is almost the same as the work done for Model 2. The difference is the use of the other membership function in Figure 3 related to the processing time. Therefore, the rule base is the updated version of the rule base used in Model 2.

For example, when 3.5 minutes (210 sec) processing time and 1.10 sq. meter/pax value are entered in Model 3, the system gives the value 0.53. In this case, as the value of 0.53 lies between 0.00 (underprovided) and 1.00 (consider improvements), the “underprovided” level represents 47% and the “consider improvements” level by 53%.

#### 4.4. Model 4 – LOS of check-in desk area and processing time

The mathematical model of the check-in desk section in Model 4 which is created in terms of both area and processing time is also very similar to that of Model 2, as in Model 3. The difference is the use of the other



membership function in Figure 3 related to the processing time. Therefore, the rule base is the updated version of the rule base used in Model 2.

For example, when 10 minutes (600 sec) processing time and 1.70 sq. meter/pax value are entered in Model 4, the system gives the value 2.26. In this case, since the value of 2.26 is between 2.00 (optimum) and 3.00 (overdesign), it represents the “optimum” level by 74% and the “overdesign” level by 26%.

## 5. Results and Discussions

Within the scope of the study, the LOS standards determined by IATA for the check-in areas were modelled and made flexible by means of fuzzy logic. The LOS standards in different editions of ADRM are fuzzificated and modeled. Thanks to the mathematical models built on the fuzzy approach, the uncertainty of the level of service (LOS) standards in the context of different regulations and the sharpness of the gradual level decreases were eliminated. In the models, output data were obtained for each input data and LOS could be determined by interpreting these outputs degree of representation.

The four mathematical models using fuzzy approach have the potential to be used both as an architectural design decision support model for airport check-in departments and to measure the instant performance of the check-in departments thanks to the integration of the models with sensor technologies, on one hand, and to provide quick measures and solutions for business and operation, on the other. In humanoid technologies, more accurate designs and operations can be realized by using the decision-making models created in this study. It seems possible that this study, which is carried out on the check-in sections, can also be applied to the other aspects of the airport.

## References

1. **ACI (2012)**. Guide to Airport Performance Measures. <https://aci.aero/2012/02/27/aci-launches-a-guide-to-airport-performance-measures/>
2. **ACRP (2010)**. Airport Passenger Terminal Planning and Design, Volume 1: Guidebook. In *Airport Passenger Terminal Planning and Design, Volume 1: Guidebook*. Transportation Research Board. <https://doi.org/10.17226/22964>
3. **Ashford, N. (1988)**. Level of Service Design Concept for Airport Passenger Terminals—A European View. <https://doi.org/10.1080/03081068808717356>, 12(1), 5–21. <https://doi.org/10.1080/03081068808717356>
4. **Ballis, A., Stathopoulos, A., & Sfakianaki, E. (2002)**. Sizing of Processing and Holding Air Terminal Facilities for Charter Passengers Using Simulation Tools. *International Journal of Transport Management*, 101–113. [www.elsevier.com/locate/traman](http://www.elsevier.com/locate/traman)
5. **Bostancioglu, E. (2020)**. Double skin façade assessment by fuzzy AHP and comparison with AHP. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1735292>, 17(1–2), 110–130. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1735292>
6. **Cepolina, E. M., Menichini, F., & Gonzalez Rojas, P. (2018)**. Level of Service of Pedestrian Facilities: Modelling Human Comfort Perception in the Evaluation of Pedestrian Behaviour Patterns. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 365–381. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.028>
7. **Correia, A. R., & Wirasinghe, S. C. (2007)**. Development of Level of Service Standards for Airport Facilities: Application to São Paulo International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 13(2), 97–103. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2006.10.002>
8. **Correia, A. R., Wirasinghe, S. C., & de Barros, A. G. (2008)**. Overall Level of Service Measures for Airport Passenger Terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(2), 330–346. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.10.009>
9. **de Barros, A. G., Somasundaraswaran, A. K., & Wirasinghe, S. C. (2007)**. Evaluation of Level of Service for Transfer Passengers at Airports. *Journal of Air Transport Management*, 13(5), 293–298. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2007.04.004>
10. **Diker, F., & Erkan, İ. (2021)**. Fuzzy logic method in the design of elementary school classrooms. <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1910925>. <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1910925>
11. **di Mascio, P., Moretti, L., & Piacitelli, M. (2020)**. Airport Landside Sustainable Capacity and Level of Service of Terminal Functional Subsystems. *Sustainability*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/su12218784>

12. **Fonseca i Casas, P., Casanovas, J., & Ferran, X. (2014).** Passenger Flow Simulation in a Hub Airport: An Application to the Barcelona International Airport. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 44, 78–94. <https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2014.03.008>
13. **Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010).** *Planning and Design of Airports* (5th ed.). McGraw-Hill Companies.
14. **IATA (1995).** Pub. L. No. 8, IATA, International Air Transport Association. ARDM, Airport development reference manual.
15. **IATA (2004).** Pub. L. No. 9, IATA, International Air Transport Association. ARDM, Airport development reference manual.
16. **IATA (2014).** Pub. L. No. 10, IATA, International Air Transport Association. ARDM, Airport development reference manual.
17. **IATA (2019).** Pub. L. No. 11, IATA, International Air Transport Association. ARDM, Airport development reference manual.
18. **IATA (2022).** Pub. L. No. 12, IATA, International Air Transport Association. ARDM, Airport development reference manual.
19. **ICAO (2022).** *Economic Impacts of COVID-19 on Civil Aviation*. Retrieved April 12, 2022, from <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx>
20. **Jim, H. K., & Chang, Z. Y. (1998).** An Airport Passenger Terminal Simulator: A Planning and Design Tool. *Simulation Practice and Theory*, 6(4), 387–396. [https://doi.org/10.1016/S0928-4869\(97\)00018-9](https://doi.org/10.1016/S0928-4869(97)00018-9)
21. **Kalakou, S., & Moura, F. (2021).** Analyzing Passenger Behavior in Airport Terminals based on Activity Preferences. *Journal of Air Transport Management*, 96, 102110. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2021.102110>
22. **Kazda, A., & Caves, R. E. (2015).** *Airport Design and Operation* (3rd ed.).
23. **Kim, W., Park, Y., & Jong Kim, B. (2004).** Estimating Hourly Variations in Passenger Volume at Airports Using Dwelling Time Distributions. *Journal of Air Transport Management*, 10(6), 395–400. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2004.06.009>
24. **Kiyildi, R. K., & Karasahin, M. (2008).** The Capacity Analysis of the Check-in Unit of Antalya Airport Using the Fuzzy Logic Method. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(4), 610–619. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2008.01.004>
25. **Klir, G. J., & Yuan, Bo. (1995).** *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall PTR.
26. **Lemer, A. C. (1992).** Measuring Performance of Airport Passenger Terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 26(1), 37–45. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(92\)90043-7](https://doi.org/10.1016/0965-8564(92)90043-7)
27. **Liu, X., Li, L., Liu, X., Zhang, T., Rong, X., Yang, L., & Xiong, D. (2018).** Field Investigation on Characteristics of Passenger Flow in a Chinese Hub Airport Terminal. *Building and Environment*, 133, 51–61. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2018.02.009>
28. **Li, Y., Cai, W., & Kana, A. A. (2019).** Design of Level of Service on Facilities for Crowd Evacuation Using Genetic Algorithm Optimization. *Safety Science*, 120, 237–247. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2019.06.044>
29. **Mcneill, F. M., & Thro, E. (1994).** *Fuzzy Logic A Practical Approach*. Morgan Kaufmann Publishers.
30. **Park, Y. (1999).** A Methodology for Establishing Operational Standards of Airport Passenger Terminals. *Journal of Air Transport Management*, 5(2), 73–80. [https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(98\)00040-4](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(98)00040-4)
31. **Roanes-Lozano, E., Laita, L. M., & Roanes-Macias, E. (2004).** An Accelerated-time Simulation of Departing Passengers' Flow in Airport Terminals. *Mathematics and Computers in Simulation*, 67(1–2), 163–172. <https://doi.org/10.1016/J.MATCOM.2004.05.016>
32. **Ronzani Borille, G. M., & Correia, A. R. (2013).** A Method for Evaluating the Level of Service Arrival Components at Airports. *Journal of Air Transport Management*, 27, 5–10. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2012.10.008>
33. **Ross, T. J. (2010).** *Fuzzy Logic with Engineering Applications* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
34. **Singer, H., & Özşahin, Ş. (2021).** Prioritization of laminate flooring selection criteria from experts' perspectives: a spherical fuzzy AHP-based model. <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1956421>
35. **Solak, S., Clarke, J. P. B., & Johnson, E. L. (2009).** Airport Terminal Capacity Planning. *Transportation Research Part B: Methodological*, 43(6), 659–676. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2009.01.002>
36. **Stolletz, R. (2011).** Analysis of Passenger Queues at Airport Terminals. *Research in Transportation Business & Management*, 1(1), 144–149. <https://doi.org/10.1016/J.RTBM.2011.06.012>
37. **Thampan, A., Sinha, K., Gurjar, B. R., & Rajasekar, E. (2020).** Functional Efficiency in Airport Terminals: A review on Overall and Stratified Service Quality. *Journal of Air Transport Management*, 87, 101837. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2020.101837>

38. **Tošić, V. (1992)**. A Review of Airport Passenger Terminal Operations Analysis and Modelling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 26(1), 3–26. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(92\)90041-5](https://doi.org/10.1016/0965-8564(92)90041-5)
39. **Waltert, M., Wicki, J., Jimenez Perez, E., & Pagliari, R. (2021)**. Ratio-based Design Hour Determination for Airport Passenger Terminal Facilities. *Journal of Air Transport Management*, 96, 102125. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2021.102125>
40. **Yen, J.-R., Teng, C.-H., & Chen, P. S. (2001)**. Measuring the Level of Services at Airport Passenger Terminals. *Transportation Research Record*, 17–23.
41. **Zadeh, L. (1965)**. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338–353.

# BARTIN İLİ CARABINAE VE HARPALINAE (CARABIDAE: COLEOPTERA) FAUNASINA KATKILAR

Sema Kara<sup>1</sup>, Azize Toper Kaygın<sup>2\*</sup>, Memiş Kesdek<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 74100, BARTIN

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

<sup>3</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fethiye Ziraat Fakültesi, 48300, Fethiye/MUĞLA

## Öz

Bu çalışma 2022-2023 yılları arasında Bartın yöresindeki orman alanlarında Carabinae ve Harpalinae (Carabidae: Coleoptera) alt familyalarının tür ve alttürlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre Carabinae alt familyasına ait iki cins ve 10 alttür (*Carabus (Lamprostus) erenleriensis bithynicus* Heinz & Korge, 1967, *Carabus (Lamprostus) erenleriensis ahmetustaensis* Cavazzuti, 1987, *Carabus (Lamprostus) torosus xanthicus* Darge, 1992, *Carabus (Oxycarabus) saphyrinus mungenensis* Blumenthal & Breuning, 1967, *Carabus (Oxycarabus) saphyrinus yenicensis* Lassalle, 1998, *Carabus (Procerus) scabrosus mentor* Blumenthal & Breuning, 1967, *Carabus (Procrustes) chevrolati internatus* Heinz & Korge, 1964, *Carabus (Procrustes) chevrolati persimilis* Csiki, 1927, *Carabus (Tomocarabus) convexus erzeliki* Schweiger, 1962, *Cychrus anatolicus ponticus* Schweiger, 1962) ve Harpalinae alt familyasına ait ise üç cins ve üç tür (*Anisodactylus poeciloides* Stephens, 1828, *Bradycellus verbasci* Duftschmid, 1812, *Parophonon (Parophonon) mendax* P. Rossi, 1790) tespit edilmiştir. Bu tür ve alttürlerin tamamı Bartın ili için yeni kayıttır.

**Anahtar Kelimeler:** Yeni Kayıtlar, Carabidae, Carabinae, Harpalinae, Orman, Bartın, Türkiye.

## CONTRIBUTIONS TO THE CARABINAE AND HARPALINAE (CARABIDAE: COLEOPTERA) FAUNA OF BARTIN PROVINCE

### Extended Abstract

The Carabidae family, known as ground beetles, constitutes the largest family of the order Coleoptera in terms of species diversity. This family has carnivorous, omnivorous or herbivorous members. Carnivorous ones are used successfully in biological control against some harmful insects such as pine processionary moth. For this reason, they are also considered beneficial insects. Harpalinae and Carabinae subfamilies belong to Carabidae family. The Harpalinae is one of the largest subfamilies of carabids. The species of the Carabinae subfamily can be seen on all continents except Antarctica. The research was conducted because samples of these subfamilies were found in the surveys carried out in Bartın province, and the first study was carried out between 2014-2016. Hand picking and pitfall trap methods were used to collect the species in this research (Toper Kaygın & Kara, 2018). As a result of the study, six genus, 16 species and one subspecies belonging to the Harpalinae subfamily, and two species and four different subspecies of a genus belonging to the Carabinae subfamily were identified. This study was carried out in the same region between 2022-2023, and insects were collected by pitfall trap, hand picking and light trap methods. Three species of three genera belonging to the subfamily Harpalinae (*Anisodactylus poeciloides* Stephens, 1828, *Bradycellus verbasci* Duftschmid, 1812, *Parophonon (Parophonon) mendax* P. Rossi, 1790) have been identified. There are ten subspecies belonging to two genera from the subfamily Carabinae (*Carabus (Lamprostus) erenleriensis bithynicus* Heinz & Korge, 1967; *Carabus (Lamprostus) erenleriensis ahmetustaensis* Cavazzuti, 1987; *Carabus (Lamprostus) torosus xanthicus* Darge, 1992; *Carabus (Oxycarabus) saphyrinus mungenensis* Blumenthal & Breuning, 1967; *Carabus (Oxycarabus) saphyrinus yenicensis* Lassalle, 1998; *Carabus (Procerus) scabrosus mentor* Blumenthal & Breuning, 1967, *Carabus (Procrustes) chevrolati internatus* Heinz & Korge, 1964, *Carabus (Procrustes) chevrolati persimilis* Csiki, 1927; *Carabus (Tomocarabus) convexus erzeliki* Schweiger, 1962; *Cychrus anatolicus ponticus* Schweiger, 1962) were recorded. All of these identified species and subspecies are the first record for the Carabinae and Harpalinae subfamilies fauna of Bartın province. Therefore, this research makes important contributions to the biodiversity of forests in Bartın province.

**Key Words:** New Records, Carabidae, Carabinae, Harpalinae, Forest, Bartın, Türkiye.

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Azize TOPER KAYGIN; Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 74100, Bartın-Türkiye.

Geliş (Received) : 04.10.2023

Kabul (Accepted) : 08.12.2023

Basım (Published) : 01.12.2023

## 1. Giriş

Carabidae, yaklaşık olarak 40.000 civarında içerdiği tür sayısı ile Coleoptera takımının (Curculionidae ve Scarabaeidae'den sonra) en kalabalık üçüncü familyasıdır (Hurka, 1996; Kesdek, 2012; Gokturk ve Celik, 2017). Yeni türlerin teşhisi ile birlikte dünya genelinde sayının daha çok arttığı düşünülmektedir. Yer böcekleri olarak bilinen bu familyanın en fazla tür ve alttüre sahip olan iki ayrı alt familyaları ise Carabinae ve Harpalinae'dir. Carabinae alt familyasında yaklaşık 10 cins ve 1.400'den fazla tanımlanmış tür ve alttür bulunmaktadır (Url-1, 2023). Carabinae alt familyasına ait Türkiye'de kaydedilen yaklaşık 94 tür vardır ve bu türler vücut şekilleri bakımında diğer alt familyalardan daha büyük boyuttadırlar. Metalik, parlak vücut renklerine sahiptirler. Bu alt familya içinde biyolojik mücadeleye önemli katkılar sağlayan türler bulunmaktadır. Carabinae türlerinin çoğu predatördür. Çam kese böcekleri *Thaumatopea pityocampa* Denis & Schiffermüller, 1775 ve *T. wilkinsoni* Tams, 1925 ile biyolojik mücadelede kullanılan ve laboratuvar ortamında üretimi yapılabilen *Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758 bu alt familyanın önemli türüdür (Avgın & Emre, 2008; Avgın & Cavazzuti, 2011). Harpalinae alt familyası 19000 den fazla tür sayısı ile Carabidae familyasının en kalabalık alt familyasıdır ve genellikle siyahımsı, kahverengimsi ya da yeşilimsi renkli türleri içerir (Larochelle & Larivière, 2005). Türkiye bu alt familyaya ait türler açısından zengindir (Avgın & Emri, 2007; Dinler, 2019). Harpalinae alt familyasına bağlı türler genellikle fitofag beslenirler, yaşadıkları ortama göre oligofag beslenebilmektedirler. Fitofag beslenen Harpalinae türleri önemli ürün kaybına sebep olmaktadır. Bu alt familya içerisinde yer alan *Pseuodoophonus rufipes* (DeGeer, 1774) türü önemli bir tarım zararlısıdır. Aynı zamanda laboratuvar ortamında *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Aphididae) türü ile beslendiği de gözlenmiştir (Kocatepe & Mergen, 2004; Kesdek, 2013).

Bartın yöresinde, biyolojik çeşitlilik bakımından önemli bir yeri olan iki önemli alt familyaya (Carabinae ve Harpalinae) bağlı tür ve alttürleri tespit etmek amacıyla bu araştırma yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmanın temel materyalini 2022-2023 yılları arasında Bartın ilinden toplanan Carabinae ve Harpalinae türleri ile alttürleri oluşturmaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde gerçekleştirilen bu çalışmada çukur tuzak, elle toplama ve ışık tuzak yöntemleri kullanılmıştır. Çukur tuzakların kurulumunda kürek, çapa, kavanoz, GPS aleti, tuzak kapağı, arazi kayıt defteri; tuzaklara gelen böcekleri öldürmede etil asetat ve örnek toplama kutuları kullanılmıştır. Böceklerin morfolojik özelliklerinin detaylı incelenmesi ve teşhisinde Stereo mikroskoptan faydalanılmıştır. Toplamda 40 adet çukur tuzak (Bartın Orman İşletme Müdürlüğü içerisinde bulunan Karamazak Köyü 70 nolu Karaçam tohum bahçesine (Şekil 1) 20 çukur tuzak ve Ulus Orman İşletme Müdürlüğü içerisinde bulunan Güneyören'e (Şekil 2) 20 çukur tuzak) 20 m aralıklarla rastgele yerleştirilmiştir (Şekil 3). Bartın Orman İşletme Müdürlüğü Akçamescit Deposuna mobilya tipi elektrikli ışık tuzak (Şekil 4), Bartın Üniversitesi Ağdacı Kampüsü yeşil alana ise güneş enerjili ışık tuzak kurulmuştur (Şekil 5). Akçamescit'de bulunan ışık tuzak akşam saatlerinde prize takılıp sabah saatlerinde prizden çıkarılmıştır. Carabidae türleri her 3-4 haftada bir tuzakların kontrolü yapılarak toplanmıştır. Elle toplama yönteminde ise bu türlerin özellikle tercih ettiği dere kenarlarına, taş ve devrik ağaçların altlarına bakılarak aktif dolaşan türler elle toplanmıştır.



Şekil 1. Karamazak Köyü 70 nolu Karaçam tohum bahçesi çalışma alanı





Şekil 2. Güneyören Köyü'nde bulunan çalışma alanı



Şekil 3. Karamazak Köyü Karaçam tohum bahçesine yerleştirilen çukur tuzak örneği.



Şekil 4. Akçamescit Deposuna yerleştirilen ışık tuzak



Şekil 5. Bartın Üniversitesi Ağdacı Kampüsü yeşil alana yerleştirilen ışık tuzak

Toplanan böceklerin preparasyonu yapılarak, erkek genital organları çıkarılıp mikroskop altında literatür (Hurka, 1996; Trautner & Geigenmüller, 1987; Neculiseanu & Matalin, 2000; Kryzhanovskij et al., 1995; Guéorguiev & Guéorguiev, 1995; Casale & Vigna Taglianti, 1999; Turin et al., 2003; Cavazzuti, 2006; URL-2, 2022; URL-3, 2022; URL-4, 2022) yardımıyla teşhisleri yapılmıştır. Bazı türlerin teşhisleri ya da teşhis kontrolleri Entomolog Daniel PRUNIER (Fransa) tarafından yapılmıştır. Teşhisleri tamamlanan böcek numuneleri Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı laboratuvarında (Bartın) muhafaza altına alınmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre, Carabinae altfamilyasından iki cins ve 10 alttür, Harpalinae alt familyasından ise üç cins ve üç tür tespit edilmiştir. Bu tür ve alttürlerin tamamı Bartın ili için yeni kayıttır. Bu çalışmada tespit edilen türlerin toplandığı tarih ve konum bilgileri, toplama yöntemi ve yayılışları aşağıda liste halinde verilmiştir.

#### Altfamilya: Carabinae Latreille, 1802

##### *Carabus (Lamprostus) erenleriensis ahmetustaensis Cavazzuti, 1987*

**Toplanan Materyal:** 41°33'45.21"N, 32°45'12.45"E Bartın-Ulus 870m, 5/10/2022 (2♀, 2♂), 4/9/2023 (2♀, 2♂), 2/10/2023 (1♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, Zonguldak, Karabük-Ahmetusta (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011; Avgın & Prunier, 2015; Url-5, 2023; Url-6, 2023).

##### *Carabus (Lamprostus) erenleriensis bithynicus Heinz & Korge, 1967*

**Toplanan Materyal:** 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 5/10/2022 (1♂), 21/7/2023 (1♀, 2♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, Bolu, Düzce-Akçakoca (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011; Avgın & Prunier, 2015; Url-5, 2023).

**Carabus (Lamprostus) torosus xanthicus Darge, 1992**

**Toplanan Materyal:** 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 27/8/2022 (4♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, Çankırı (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011; Url-5, 2023).

**Carabus (Oxycarabus) saphyrinus mungenensis Blumenthal & Breuning, 1967**

**Toplanan Materyal:** 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 24/6/2022 (2♀, 2♂), 24/7/2022 (4♂), 18/11/2022 (2♀, 1♂), 2/10/2023 (1♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Anadolu, Bolu-Mengen (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Url-5, 2023).

**Carabus (Oxycarabus) saphyrinus yenicensis Lassalle, 1998**

**Toplanan Materyal:** 41°34'12.96"N, 32°10'41.76"E Bartın-Karamazak 120m, 1/7/2022 (2♀), 25/10/2022 (2♀, 10♂), 23/5/2023 (1♀), 14/6/2023 (1♂), 25/10/2023 (5♀, 18♂); 41°37'08.04"N, 32°13'45.48"E Bartın-Saraylı 120m, 15/8/2023 (1♂), 17/8/2023 (1♂); 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 24/7/2022 (1♀), 27/8/2022 (2♂), 5/10/2022 (1♀, 2♂), 18/11/2022 (1♂), 21/7/2023 (2♀), 4/9/2023 (1♀), 2/10/2023 (1♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak, Elle Toplama

**Yayılışı:** Anadolu, Karabük-Yenice (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Url-5, 2023).

**Carabus (Procerus) scabrosus mentor Blumenthal & Breuning, 1967**

**Toplanan Materyal:** N41,62591, E032,34326 Bartın- Halatçı Yaması 50m 31/10/2023 (1♀); 41°34'12.96"N, 32°10'41.76"E Bartın-Karamazak 120m, 22/9/2022 (1♂), 9/10/2022 (1♂), 21/9/2023 (1♀), 25/10/2023 (1♀, 1♂); N41,62429, E032,34432 Bartın- Kemer Köprü 50m 25/10/2023 (1♀); 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m 27/5/2022 (1♀).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak, Elle Toplama

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, İzmir (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011; URL-18, 2023).

**Carabus (Procrustes) chevrolati internatus Heinz & Korge, 1964**

**Toplanan Materyal:** 41°34'12.96"N, 32°10'41.76"E Bartın-Karamazak 120m, 1/7/2022 (2♀, 1♂), 26/7/2022 (1♂), 25/10/2022 (2♀, 4♂), 19/7/2023 (1♂), 21/8/2023 (1♂), 25/10/2023 (6♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, Ankara (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011; URL-19, 2023).

**Carabus (Procrustes) chevrolati persimilis Csiki, 1927**

**Toplanan Materyal:** 41°32'56.20"N, 32°10'48.34"E Bartın-Karamazak 120m, 1/7/2022 (4♀, 5♂), 26/7/2022 (1♀, 1♂), 21/9/2022 (1♂), 25/10/2022 (2♀, 11♂), 15/8/2023 (1♀, 1♂), 21/9/2023 (1♀, 4♂), 25/10/2023 (1♀, 9♂); 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 15/10/2022 (1♀).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak, Elle Toplama

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, Tokat, Rusya (Kryzhanovskij et al., 1995; Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011; Url-5, 2023).

**Carabus (Tomocarabus) convexus erzeliki Schweiger, 1962**

**Toplanan Materyal:** 41°33'44.65"N, 32°45'12.13"E Bartın-Ulus 870m, 24/6/2022 (2♀, 1♂); 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 21/7/2023 (1♀).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Anadolu, Türkiye (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Cavazzuti, 2011).

**Cychrus anatolicus ponticus Schweiger, 1962**

**Toplanan Materyal:** N41,83551, E032,70826 Bartın- Kurucaşile 55m 11/09/2015 (1♀), 27/11/2015 (1♂); 41°33'44.67"N, 32°45'11.29"E Bartın-Ulus 870m, 24/6/2022 (1♀, 1♂), 24/7/2022 (2♀), 5/10/2022 (7♀, 2♂), 18/11/2023 (10♀, 3♂), 21/7/2023 (5♀), 4/9/2023 (1♀, 1♂), 2/10/2023 (1♂).

**Toplama Yöntemi:** Çukur Tuzak

**Yayılışı:** Türkiye, Anadolu, Bolu, İzmit (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Avgın & Prunier, 2010; Avgın & Cavazzuti, 2011; Tezcan vd., 2018).

**Altfamilya: Harpalinae Linnaeus, 1758****Anisodactylus poeciloides Stephens, 1828**

**Toplanan Materyal:** 41°36'50.80 "N, 32°19'48.69"E Bartın-Kasapoğlu 16m, 26/5/2022 (1♀).

**Toplama Yöntemi:** Elle Toplama

**Yayılışı:** Almanya, Polonya, Afganistan, Azerbaycan, Kırgızistan, Avusturya, Bulgaristan, Belçika, Büyük Britanya, Birleşik Krallık, Türkmenistan, Çekya, Çin, Ermenistan, Danimarka, Eski Yugoslavya, Gürcistan, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İran, Irak, İsveç, Kazakistan, İtalya, Kıbrıs, Slovakya, Moğolistan, Macaristan, Moldova, Özbekistan, Romanya, Rusya, Türkiye, Ukrayna ve Yunanistan (Hieke & Wrase, 1988; Guéorguiev & Guéorguiev, 1995; Kryzhanovskij et al., 1995; Teofilova et al., 2012; Kateaev & Wrase, 2016; Url-7, 2023; Url-8, 2023; Url-9, 2023; Url-10, 2023; Url-11, 2023; Url-12, 2023; Url-13, 2023; Url-14, 2023).

**Bradycellus verbasci Duftschmid, 1812**

**Toplanan Materyal:** 41°32'06.42 "N, 32°22'49.18"E Bartın-Akçamescit 88m, 20/9/2022 (1♀).

**Toplama Yöntemi:** Işık Tuzak

**Yayılışı:** Anadolu, Rusya, İspanya, Fransa, Belçika, İtalya, Danimarka (Kryzhanovskij et al., 1995; Casale & Vigna Taglianti, 1999; Url-15, 2023; Url-16, 2023; Url-17, 2023).

**Parophonus (Parophonus) mendax P. Rossi, 1790**

**Toplanan Materyal:** 41°36'03.2"N,32°20'56.4"E Bartın- Ağdacı 80m, 30/10/2023 (1♀).

**Toplama Yöntemi:** Işık Tuzak

**Yayılışı:** Türkiye (Anadolu, Çorum), Almanya, Arnavutluk, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Fransa, Gürcistan, Hırvatistan, Hollanda, İran, İspanya, İtalya, Kazakistan, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Portekiz, Romanya, Rusya, Slovakya, Yugoslavya, Yunanistan (Casale & Vigna Taglianti, 1999; Löbl & Smenata, 2003; Kocatepe, 2011; Kateaev & Wrase, 2016).

Bartın ilinde Carabidae familyasına bağlı Carabinae ve Harpalinae alt familyaları üzerine 2014-2016 yılları arasında yapılan bir araştırmaya göre Carabinae alt familyasından bir cins, iki tür ve dört alttür tespit edilmiş olup bunlar: *Carabus (Procerus) scabrosus* Olivier, 1795; *Carabus (Oxycarabus) saphyrinus* Cristoforis & Jan, 1837; *Carabus (Heterocarabus) marietti marietti* Cristoforis & Jan, 1837; *Carabus (Archicarabus) wiedemanni wiedemanni* Menetries, 1836; *Carabus (Lamprostus) spinolai rouziei* Breuning & Ruspoli, 1970; *Carabus (Procrustes) chevrolati surejae* Csiki, 1927'dir. Harpalinae alt familyasından ise altı cins, 16 tür ve bir alttür (*Pseudoophonus (Pseudoophonus) griseus* Panzer, 1797; *Parophonus (Parophonus) dia* Reitter, 1900; *Pseudoophonus (Pseudoophonus) rufipes* De Geer, 1774; *Ophonus (Ophonus) diffinis* Dejean, 1829; *Ophonus (Metophonus) puncticollis* Paykull, 1798; *Ophonus (Metophonus) puncticeps* Stephens, 1828; *Ophonus (Hesperophonus) azureus* Fabricius, 1775; *Harpalus (Pseudoophonus) calceatus* Duftschmid, 1812; *Harpalus (Harpalus) tardus* Panzer, 1797; *Harpalus (Harpalus) serripes serripes* Quensel in Schönherr, 1806; *Harpalus (Harpalus) honestus* Dufschmid, 1812; *Harpalus (Harpalus) dimidiatus* Rossi, 1790; *Harpalus (Harpalus) caspius* Steven, 1806; *Harpalus (Harpalus) affinis* Schrank, 1781; *Dixus eremita* Dejean, 1825; *Harpalus (Harpalus) attenuatus* Stephens, 1828; *Acinopus (Acinopus) laevigatus* Menetries, 1832) tespit edilmiştir. Bahsedilen çalışmadaki örnekler elle toplama ve çukur tuzak yöntemleri ile toplanmıştır (Toper Kaygın & Kara, 2018). Bu çalışmada ise çukur tuzak ve elle toplama yanında ışık tuzak da kullanılmıştır. Carabinae alt familyasına ait iki cins ve 10 alttür; Harpalinae alt familyasına ait üç cins ve üç tür tespit edilmiştir. Tespit edilen bu türler ve alttürlerin hepsi Bartın ili için yeni kayıttır.

Çalışma alanlarından biri olan Karamazak Köyü 70 nolu Karaçam tohum bahçesinde en fazla görülen *Carabus (Procrustes) chevrolati persimilis* Csiki, 1927 alttürü olmuştur. Bu alttüre ait bireyler çukur tuzak ve elle toplama



yöntemleriyle toplanmıştır. Çalışma alanı saf Karaçam tohum bahçesidir ve etrafında Gürgen, Meşe ağaçları ile çalılık bitkiler bulunmaktadır (Şekil 1). Diğer çalışma alanı ise Kayın, Gökmar ile çalılık bitkilerden oluşan Ulus Orman İşletme Müdürlüğü'nde bulunan Güneyören Köyü'dür (Şekil 2). Bu alanda en yaygın olarak tespit edilen tür ise *Cychrus anatolicus ponticus* Schweiger, 1962'dur. Bu türe ait örnekler ise çukur tuzak yöntemi ile toplanmıştır.

*Anisodactylus poeciloides* Stephens, 1828 ve *Bradycellus verbasci* Duftschmid, 1812, *Parophonus* (*Parophonus*) *mendax* P. Rossi, 1790 türlerinden birer örnek toplanabilmiştir. *A. poeciloides* türünün serbest dolaşan ergini Bartın-Kutlubeydemirci Köyü Kasapoğlu mahallesinden elle toplanmıştır. *B. verbasci* türü Bartın Orman İşletme Müdürlüğü Akçamescit Deposuna yerleştirilen ışık tuzakla toplanmıştır (Şekil 4). *P. mendax* türü ise Bartın-Ağdacı'da bulunan ışık tuzakla gelmiştir. *A. poeciloides* türünün bölge ya da şehir belirtilmeden Türkiye'de varlığına dair kayıtlar bulunmakla birlikte lokalite olarak ilk kaydı Bartın ili olarak bu çalışma ile verilmiştir.

Casale & Vigna Taglianti (1999), *Carabus* (*Lamprostus*) *erenleriensis bithynicus* Heinz & Korge, 1967; *Carabus* (*Lamprostus*) *erenleriensis ahmetustaensis* Cavazzuti, 1987; *Carabus* (*Lamprostus*) *torosus xanthicus* Darge, 1992; *Carabus* (*Oxycarabus*) *saphyrinus mungenensis* Blumenthal & Breuning, 1967; *Carabus* (*Oxycarabus*) *saphyrinus yenicensis* Lassalle, 1998; *Carabus* (*Procerus*) *scabrosus mentor* Blumenthal & Breuning, 1967; *Carabus* (*Procrustes*) *chevrolati internatus* Heinz & Korge, 1964; *Carabus* (*Procrustes*) *chevrolati persimilis* Csiki, 1927; *Carabus* (*Tomocarabus*) *convexus erzeliki* Schweiger, 1962; *Cychrus anatolicus ponticus* Schweiger, 1962 alttürleri ile *Bradycellus verbasci* Duftschmid, 1812 ve *Parophonus* (*Parophonus*) *mendax* P. Rossi, 1790 türlerinin Anadolu'da bulunduğunu lokalite kaydı vermeden bildirmişlerdir. Avgın & Prunier (2015), *Carabus* (*Lamprostus*) *erenleriensis ahmetustaensis* Cavazzuti, 1987 (Ahmetusta, 1000m) ve *Carabus* (*Lamprostus*) *erenleriensis bithynicus* Heinz et Korge, 1967 (Akçakoca, 600m) alttürlerinin Türkiye için endemik olduklarını belirtmişlerdir. Avgın & Prunier (2010), *Cychrus anatolicus ponticus* Schweiger, 1962 alttürünün Bolu-Yedigöller ile İzmit- Keltepe'de bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu tür ve alttürlerin Bartın ilinde varlığı yaptığımız bu çalışma ile ortaya koyulmuştur.

## Açıklama ve Teşekkür

Bu çalışma, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde, Prof. Dr. A. TOPER KAYGIN ve Doç. Dr. M. KESDEK'in ortak danışmanlığında Sema KARA tarafından yürütülmekte olan "Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Orman Alanlarının Carabidae (Coleoptera) Faunası" başlıklı Doktora tezinin bir bölümünü içermektedir. Sema KARA, Yükseköğretim Kurulu'nun 100/2000 Doktora Bursu Programı tarafından finanse edilen bir doktora öğrencisidir. Carabinae alt familyasına ait türlerin teşhisinde değerli katkılarından dolayı Entomolog Daniel PRUNIER'e (Fransa) çok teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

1. Avgın, S. S. & Cavazzuti, P. (2011). The studies made on Turkish Carabinae with checklist and bibliography (Coleoptera: Carabidae). *Turkish Journal of Zoology*, 35(3), 403-432.
2. Avgın, S. S. & Emre, İ. (2008). Some Carabinae (Coleoptera: Carabidae) from Kahramanmaraş and Surrounding Towns, in South Central Turkey. *Entomological News*, 119(2), 151-170.
3. Avgın, S. S. & Emri, İ. (2007). Contribution to the taxonomy of the Harpalinae (Coleoptera: Carabidae) from Kahramanmaraş and the surrounding towns, in Turkey. *Transactions of the American Entomological Society*, 133(3), 413-432.
4. Avgın, S. S. & Prunier, D. (2010). Contribution to the taxonomy of the Genus *Cychrus* Fabricius, 1794 (Coleoptera: Carabidae) from Turkey and their relations with *Cychrus* species from Balkans to Caucasus. *Türk. entomol. derg.*, 34(3), 307-322.
5. Avgın, S. S. & Prunier, D. (2015). Endemic *Carabus* Species of Turkey: Some Researches with Biogeographic and Ecological Notes (Coleoptera, Carabidae, Carabinae). *Ekoloji*, 24(96), 26-40.
6. Casale, A. & Vigna Taglianti, A. (1999). Caraboid beetles (excl. Cicindelidae) of Anatolia, and their biogeographical significance (Coleoptera, Caraboidea), *Biogeographia. Lavoridella Società Italiana di Biogeografia*, 20, 277-406.
7. Cavazzuti, P. V. (2006). Faune des Carabinae de Turquie – I. Collection Systematique, Volume 13, Magellanes.
8. Dinler, N. (2019). *Bingöl İli Harpalinae (Coleoptera: Carabidae) Altfamilyası Üzerine Faunastik ve Sistemik Çalışmalar*. Ph.D. Thesis, Bingöl University, Bingöl, Turkey.



9. **Gokturk, T & Celik, A (2017).** The Family of Carabidae (Coleoptera) in Artvin Hatila National Park of Turkey. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, Vol-2, Issue-2: 983-990.
10. **Guéorguiev V. B. & Guéorguiev B. V. (1995).** Catalogue of the ground-beetles of Bulgaria (Coleoptera: Carabidae). Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria.
11. **Hieke, F. & Wrase, D. W. (1988).** Faunistik der Laufkäfer Bulgariens (Coleoptera, Carabidae). *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 35(1-3), 1-171.
12. **Hurka, K. (1996).** Carabidae of the Czech and Slovak Republics Print Centrum. Kabourek Yayınları.
13. **Kateaev, B. M. & Wrase, D. W. (2016).** Taxonomic and faunistic notes on certain Anisodactylina, Harpalina, Ditomina and Amblystomina from the Palaearctic, Ethiopian and Oriental regions (Coleoptera: Carabidae: Harpalini). *Zoological-Botanical Database*, 35, 251-279.
14. **Kesdek, M. (2012).** A contribution to the knowledge of the Carabidae (Coleoptera) fauna of Turkey. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 12 (1): 55-62.
15. **Kesdek, M. (2013).** Contributions to the knowledge of the genus Harpalus Latreille, 1802 Fauna of Turkey (Coleoptera: Carabidae: Harpalinae). *Mun. Ent. Zool. Vol.*, 8(1), 191-198.
16. **Kocatepe, N. (2011).** Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi Carabidae (Coleoptera) Familyası Üzerine Sistemik Çalışmalar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 196 s.
17. **Kocatepe, N. & Mergen, O. (2004).** Ankara İli Carabidae (Coleoptera) familyası türleri üzerinde faunistik araştırma. *Türk. entomol. derg.*, 28(4), 295-309.
18. **Kryzhanovskij, O. L., Belousov, I. A., Kabak, I. I., Kataev, B. M., Makarov, K. V. & Shilenkov, V. G. (1995).** A Checklist of the Ground Beetles of Russia and Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Pensoft Publisher, Sofia, Bulgaria.
19. **Larochelle, A. & Larivière, M. C. (2005).** Fauna of New Zealand Ko te Aitanga Pepeke o Aotearoa. No:53, Harpalini (Insecta: Coleoptera: Carabidae: Harpalinae). Manaaki Press, Lincoln, Canterbury, New Zealand.
20. **Löbl, I. & Smetana, A. (2003).** Catalogue of Palaertic Coleoptera, Volume I. Archostemata-Myxophaga-Adephaga. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, 819 s.
21. **Neculiseanu, Z. Z. & Matalin, A. V. (2000).** A Catalogue of the ground-beetles of the Republic of Moldova (Insecta, Coleoptera: Carabidae). Pensoft Publishers, Sofia-Moskow.
22. **Teofilova, T., Markova, E. & Kodzhabashev, N. (2012).** The Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) of the Bulgarian Black Sea Coast. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(3), 370-386.
23. **Tezcan, S., Karsavuran, Y. & Pehlivan, E. (2018).** Contributions to the knowledge of Carabidae (Coleoptera) fauna of Turkey with new locality records. *Munis Entomology & Zoology*, 13(2), 548-565.
24. **Toper Kaygın, A. & Kara, S. (2018).** *Bartın İli Carabinae ve Harpalinae (Carabidae: Coleoptera) Faunası*. Ziraat Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar Kitabı, ed. Assoc. Prof. Dr. Nurhan Keskin, Cetinje-Montenegro, Ankara, s. 131-151.
25. **Trautner, J. & Geigenmüller, K. (1987).** Tiger beetles ground beetles, Illustrated key to The Cicindelidae and Carabidae of Europe. Josef Margraf Publisher, Gaimersheim.
26. **Turin, H., Penev, L. D. & Casale, A. (2003).** The Genus Carabus in Europe, Pensoft Yayınları, Bulgaria.
27. **Url-1, 2023,** <https://handwiki.org/wiki/Biology:Carabinae> (24.09.2023).
28. **Url-2, 2022,** <https://carabidae.org/gallery> (27.11.2022).
29. **Url-3, 2023,** <http://coleonet.de/coleo/texte/carabidae.htm> (13.12.2022).
30. **Url-4, 2022,** [https://www.kerbtier.de/cgi-bin/enFSearch.cgi?Fam=Carabidae#:~:text=The%20ground%20beetles%20\(Carabidae\)%20are,few%20species%20are%20aquatic%20hunters.](https://www.kerbtier.de/cgi-bin/enFSearch.cgi?Fam=Carabidae#:~:text=The%20ground%20beetles%20(Carabidae)%20are,few%20species%20are%20aquatic%20hunters.) (27.11.2022).
31. **Url-5, 2022,** <http://www.hmyzfoto.cz/CARABUS.htm> (18.9.2023).
32. **Url-6, 2023,** [https://www.carabus.eu/Ing\\_EN\\_srub\\_108-lamprostus.html](https://www.carabus.eu/Ing_EN_srub_108-lamprostus.html) (18.9.2023).
33. **Url-7, 2023,** <https://www.danbiller.dk/beetle/4308> (18.9.2023).
34. **Url-8, 2023,** [https://www.galerie-insecte.org/galerie/Anisodactylus\\_poeciloides.html](https://www.galerie-insecte.org/galerie/Anisodactylus_poeciloides.html) (18.9.2023).
35. **Url-9, 2023,** [http://www.entomologiitaliani.net/public/forum/phpBB3//viewforum.php?f=143&start=950&taxa\\_status=INDET](http://www.entomologiitaliani.net/public/forum/phpBB3//viewforum.php?f=143&start=950&taxa_status=INDET) (18.9.2023).
36. **Url-10, 2023,** [https://www.fundus.uni-hamburg.de/de/collection\\_records/50333](https://www.fundus.uni-hamburg.de/de/collection_records/50333) (19.9.2023).
37. **Url-11, 2023,** <https://www.gbif.org/species/4308812> (26.9.2023).
38. **Url-12, 2023,** [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/222410/tab/carte](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/222410/tab/carte) (26.9.2023).
39. **Url-13, 2023,** <https://eol.org/tr/pages/3034226> (26.9.2023).
40. **Url-14, 2023,** <https://www.gbif.org/species/175655145> (26.9.2023).
41. **Url-15, 2023,** [https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/Bradycellus-verbasci-\(Duftschmid-1812\)-img288887.html](https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/Bradycellus-verbasci-(Duftschmid-1812)-img288887.html) (19.9.2023).
42. **Url-16, 2023,** [https://www.galerie-insecte.org/galerie/Bradycellus\\_verbasci.html](https://www.galerie-insecte.org/galerie/Bradycellus_verbasci.html) (19.9.2023).
43. **Url-17, 2023,** <https://www.naturbasen.dk/art/11836/lys-brunloeber> (19.9.2023).

44. **Url-18, 2023**, [https://carabus.eu/lng\\_ES\\_srub\\_21-procerus.html](https://carabus.eu/lng_ES_srub_21-procerus.html) (27.12.2023).
45. **Url-19, 2023**, <https://carabus.net/produit/carabus-procrustes-chevrolati-internatus-male-a2-from-turkey/> (27.12.2023).

# AISI 304 PASLANMAZ SAC MALZEME BÜKME İŞLEMİ İÇİN K-FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

Yılmaz Küçük<sup>1\*</sup>, Eren Arif Işık<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Müh. Mim. ve Tasarım Fak., Makine Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 74100, BARTIN

## Öz

Bu çalışmanın amacı otomotiv ve savunma sanayinde sıklıkla uygulanan sac levha büküm işlemlerinde önemli bir rol oynayan k-faktörünün belirlenmesidir. Söz konusu k-faktörü, parçanın bükümden önce lazer kesimde hangi boyda kesileceğini hesaplamada kullanılmakta olup, dolayısıyla tolerans aralığında büküm işleminin gerçekleştirilebilmesi için doğru belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde, AISI 304 paslanmaz çelik sac malzemelerin kalınlığa bağlı k-faktörü ile ilgili kısıtlı bilgi bulunmaktadır. Bu çalışmada, belirtilen sac malzemenin 4 mm kalınlığa kadar büküm işlemlerinde kullanılması gereken k-faktörü değerleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** AISI 304, sac levha, bükme, k-faktörü.

## DETERMINATION OF THE K-FACTOR FOR BENDING OF AISI 304 SHEET MATERIAL

### Extended Abstract

The aim of this study is to determine the k-factor, which plays an important role in sheet metal bending processes, which are frequently applied in the automotive and defense industries. The mentioned k-factor is used to calculate the length to be cut in laser cutting before bending, so it must be determined correctly in order to perform the bending process within the tolerance range. Some equations are used to find the k-factor. However, these equations are theoretical and have differences with real twists. This may sometimes not be a problem for parts with only one twist. But problems are encountered with multiple twists. Because the length of the sheet metal after laser cutting cannot be extended again. Cutting operations are not precise and increase labor costs. It also causes loss of time. Although there are some exceptions, the k-factors of all sheet materials are expected to be different. Each company should first determine the materials it uses and determine their k-factors through experimental studies. Designs must be made according to the k-factors found. The wear on the dies and the usage time of the twisting machine should not be ignored. Abrasions are a factor that prevents accurate and precise bending. For this reason, maintenance work on the dies and twisting machine must be carried out regularly. In the literature, there is very limited information about the thickness-dependent k-factor of AISI 304 stainless steel sheet materials. Generally, studies have been carried out on calculating the amount of springback in bending and accordingly the required bending forces, comparing the k-factors found using different upper and lower molds, and calculating the k-factor using software programs such as C++. In this study, the values of k-factor that should be used in bending processes of the specified sheet material up to 4 mm thickness were determined.

**Key Words:** AISI 304, sheet metal, bending, k-factor.

### 1. Giriş

Otomotiv ve savunma sanayilerinde üretim aşamasında sıklıkla sac metal bükme işlemleri yapılmakta olup, bu işlemlerin önemli bir bölümü hidrolik abkant preslerle gerçekleştirilmektedir. Bu malzemeler alt ve üst kalıp arasında sıkıştırılarak istenen geometrik model elde edilmektedir. Bükümler malzemenin cinsine, kalınlığına ve büküm boyuna göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılıklar sırasıyla şunlardır: Diğerine oranla sert olan malzemenin bükme için daha fazla kuvvet gerekir. Malzeme kalınlığı arttıkça büyük kalıpların kullanılması

#### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Yılmaz KÜÇÜK; Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Mechanical Engineering, Email: ykucuk@bartin.edu.tr  
74100, Bartın-Turkey.

Geliş (Received) : 09.10.2023

Kabul (Accepted) : 08.12.2023

Basım (Published) : 31.12.2023

gerekir. Büküm boyu alt kanal kalıp açıklığından büyük olması gerekir. Farklı yarı mamul tedarikçilerinden temin edilen malzemelerin mekanik özellikleri farklılık gösterebilmektedir.

Malzemelerin mekanik özellikleri ve fiziksel özellikleri, doğrudan sacların şekillendirilme işlemlerini etkiler. Bunu belirleyen mekanik özellikler; akma dayanımı ve çekme dayanımı, yüzde elastik ve yüzde kesit daralması, kopma uzaması, gerinim hızı hassasiyeti, deformasyon sertleşme üssü gibi değerler gösterilebilirler. Üretici firmalar tarafından verilen malzemenin ortalama mekanik özellikleri ile malzemenin gerçek mekanik özellikleri arasında %10-15 civarında farklılık görülebilmektedir (Aydemir, 2017). Bu durum, yapılacak bükümü doğrudan etkileyen bir etkidir. Bükümden önce lazer kesime gönderilen sac açınımı üzerinde tekrar değişiklik yapılması zordur. Parçanın açınım boyunun doğru hesaplanmadığı durumda telafisi imkânsız hatalı hurda ürün çıkmakta veya ek maliyetler getirecek işlemler gerekeceği gibi buna rağmen istenen sonucun elde edilemediği de görülebilmektedir.

Östenitik paslanmaz çelikler ağırlıkça %8-25 Ni ile %12-25 Cr içerirler ve en yaygın kullanılan Cr-Fe-Ni bileşeni alaşımlarıdır. Özellikle 304 L tipi paslanmaz çelikler şekillendirilebilirliği ve korozyona karşı direnci nedeniyle yaygın olarak kullanılırlar (Karakaş vd. 2014). 304L paslanmaz çeliği yüksek Cr içeriği nedeniyle oda sıcaklığında çok iyi korozyon direncine, yüksek oksidasyon direncine ve üstün mekanik özelliklere sahiptir. 304L paslanmaz çeliği nükleer reaktör bileşenleri, kimyasal işleme ekipmanları ve petrol endüstrisi gibi alanlarla kullanılırlar (Pasebani vd. 2019).

Sac metal endüstrisinde üretim aşamasında gerçekleştirilen bükme işlemleri sıklıkla kullanılan bir yöntem olması nedeniyle gerek Ar-Ge ve gerekse akademik araştırmaların da konusu olmaya devam etmektedir. Araştırmalar doğru ve uygun bir büküm için sac açınım boyu hesabının bilinmesi gerektiğini vurgulamıştır. Sac metal bükümünde ancak k-faktörünün doğru bilinmesiyle ve uygulanmasıyla doğru sonuca ulaşıldığı görülmüştür.

Kovacevic vd. (2001) çalışmasında sonlu elemanlar yöntemiyle ANSYS programını kullanarak ve deneysel incelemeye dayalı lazerli sac bükme simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Simülasyon yardımıyla bükülme açısı, gerilim-gerinim dağılımı, artık gerilim ve sıcaklık parametre girişlerini sağlamışlardır. Lazer ışınımı sırasında aşırı hızlı ısıtma ve soğutma prosesi ile bükülme etkisinin oluştuğunu bildirmişlerdir. Lazer ışınımı sırasında sac levhayı başarılı bir şekilde bükülebileceğini, sac levhanın mikro yapısına zararlı bir etkisinin olmadığını ve paslanmaz çelik bir sac levhada çatlak veya gözenek oluşturmadığını vurgulamışlardır.

Işıktaş (2011) çalışmasında V bükme kalıplarında DKP ve Paslanmaz malzemelerinden 1, 1,5 ve 2 mm kalınlığındaki sac levhaları kullanarak bunların geri esneme değerlerini incelemiştir. Kalıp ve malzeme değişkenlerine göre geri esnemenin değiştiğini bildirmiştir. Malzeme kalınlığındaki artışın geri esnemeyi azalttığını tespit etmiştir. Bükme açısının artmasıyla geri esneme değerinin azaldığını belirtmiştir. Üst kalıp radyusunun büyümesiyle geri esnemenin arttığını belirtmiştir.

Dilipak vd. (2013) çalışmasında 4 mm kalınlığındaki S235JR çeliğini kullanarak 90° lik kalıplarda V bükümünü gerçekleştirmiştir. 5 farklı radyusa sahip zımba kullanılarak yapılan büküm işlemlerinde üst kalıbı, sac levhanın üstünde 30 saniye bekletilerek ve bekletmeden hemen bükülecek şekilde uygulamışlardır. Numuneleri temperlenmiş, normalize edilmiş ve ısı işlem görmemiş olmak üzere üç farklı şekilde hazırlamışlardır. Çalışma sonucu olarak üst kalıp yarıçapı arttıkça ileri esneme miktarının da azaldığını bildirmişlerdir.

Uslu (2014) çalışmasında 1 mm, 1,5 mm ve 2 mm kalınlığındaki DP800, DP600, DC01, DC04 ve DC05 sac malzemeleri 60°, 90° ve 120° kalıp açıları ile bükerek geri yaylanma davranışlarını incelemiştir. Geri yaylanmanın, kalıp ve malzeme parametrelerine göre değiştiğini tespit etmiştir. Akma mukavemeti düşük sac malzemelerde geri yaylanmanın daha az oluştuğunu ve yüksek mukavemete sahip sac malzemelerde geri yaylanmanın daha fazla oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca malzeme kalınlığının artmasıyla geri yaylanmanın azaldığını tespit etmiştir.

Hekim (2016) çalışmasında V büküm kalıbında Al1050 H14 sac malzemesinin sıkıştırma kuvvetlerini ve hadde yönüne bağlı olacak şekilde geri yaylanma davranışını incelemiştir. Numune olarak 150x50 mm ebatlarında 3 mm sac kullanmışlardır. Sıkıştırma kuvveti arttıkça geri yaylanmanın azaldığını bildirmiştir. Geri yaylanmanın en az olduğu yön 45° hadde yönünde olduğunu ve geri yaylanmanın en fazla olduğu yön 90° hadde yönünde olduğunu belirtmiştir.

Aydemir (2017) çalışmasında Hardox 400 ve AISI 304L malzemelerinin mekanik özelliğine bağlı olacak şekilde bükme kuvvetleri miktarlarını incelemiştir. Bükme deneylerinden önce malzemelere çekme deneyi uygulayarak

mekanik özelliklerini belirlemiştir. Bu değerleri firmaların teorik olarak verdiği değerler ile kıyaslamış ve söz konusu malzemelerin mekanik özelliklerinde tedarikçi firmaya göre farklılıklar oluştuğunu göstermiştir. Bu farklılıkların da sac malzemelerin büküm kuvvetlerini etkilediği belirtilmiştir. Herhangi bir tasarım yapılırken teorik değerlerin kullanılmaması ve deneysel sonuçlarla elde edilen değerlerin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada malzemelerin deney numunelerinde boyun artmasıyla bükme kuvvetindeki artış grafiğinin lineer ilerlemediği görülmüştür. Bunun da hataların ortaya çıkmasına neden olduğunu belirtmiştir. Hardox 400 numuneleri ile yapılan bükme deneylerinde bükme boyuna bağlı olarak %5 daha fazla bükme kuvvetleri ile karşılaşırken, AISI 304L numuneleri ile yapılan deneylerde %10 daha fazla bükme kuvvetlerinin okunduğunu belirtmiştir.

Bozkurt (2018) çalışmasında 1 , 2 , 3 ve 4 mm sac kalınlığı aralığındaki EN10130 DC01 çeliğin (1.0330 soğuk haddelenmiş düşük karbonlu çelik) açınım boyu hesabının doğru yapılması için C++ yazılımı kullanarak program yazmıştır. Bu programa sac kalınlığının, büküm sayısının ve üst kalıbın radyusunun girilerek açınımın otomatik olarak hesaplandığını bildirmiştir. Ayrıca bükme kavis yarıçapının, sac malzemenin cinsine ve kalınlığa göre değiştiğini vurgulamıştır. Kullanılan üst kalıp ucu radyus değeri ile bükülecek parçanın iç bükümündeki radyusun aynı değerde olması gerektiği belirtilmiştir. Alt kalıpların malzeme kalınlıkça büyüdüğünü ama üst kalıbın 0,5 mm' den 15 mm' e kadar aynı kullanımını, bu durumun çizilen ve tasarlanan üç boyutlu parça ile yapılan büküm arasında ölçüm farkına neden olduğunu ifade etmiştir.

Malyer & Kayral (2018) 1 mm kalınlığında AA6061 alüminyum alaşımının geri esneme özelliklerini araştırmışlardır. Numunelerinin bir bölümüne mikrodalga fırında, diğer bölümüne ise geleneksel fırında yaşlandırma işlemi uygulanmış ve sonrasında bükme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Isıtma oranının, malzemenin mekanik özelliklerine baskın etkisi olduğunu ve dolayısı ile mikrodalga fırında yaşlandırılarak bükülen numunelerde geri esnemenin daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Şekerci vd. (2018) çalışmalarında bükme işlemini yüzey alanında değişimin çok az ya da hiç olmadığı, doğrusal eksen etrafında gerçekleşen metalin plastik şekil değişimi olarak ifade etmişlerdir. Bükmenin düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için düzgün hizanın ve açıklığın olması gerektiğini vurgulamışlardır. Bükme işleminin en önemli faktörlerini; metali kırmadan verilebilecek en küçük bükme çapının belirlenmesi, metalin sertliğinin bilinmesi ve kalınlığının belirlenmesi olarak belirtmişlerdir. Ayrıca bükülen malzemenin kesitinde oluşan değişimlerin genel olarak, malzemenin kalitesine, malzemenin kalınlığına, büküm açısına, büküm yarıçapına ve büküm kuvvetlerine bağlı olduğuna vurgu yapmışlardır.

Lu vd. (2018) çalışmalarında SMAT yönteminin paslanmaz çelik saclar üzerinde üç noktalı bükmede güçlendirici etkisini deneylerle incelemiş ve analiz etmişlerdir. Numunelerin bükülmesiyle desteklenen çalışmada oluklu şekil ve SMAT yöntemi birleşiminin bükülme sertliği, mukavemet ve sertleşme açısından önemli artış sağladığını belirtmişlerdir.

Pekince (2019) çalışmasında 3, 4, 5, 6 ve 8 mm kalınlıklarında St37-2, St52-3, DKP ve HRP sac malzemeleri, açınımaları 100 mm olacak şekilde işlemiş ve oluşan bu sacları tam ortasından 90° olacak şekilde bükümüştür. Aynı kalınlığa sahip ve aynı alt kalıpla bükülen farklı malzemelerin k-faktörünün farklı olduğunu gözlemlemişlerdir. St37-2 malzemesinin farklı kalınlıklarında ve aynı alt kalıpla bükümü sonucunda k-faktörünün değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Alt kalıpların değişken olmasının malzemenin radyus değerini değiştirdiğini ve k-faktörünü değiştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca malzeme kalınlığı arttıkça k-faktörünün arttığını vurgulamışlardır.

Basmacı & Sayın (2019) 1 ve 2 mm kalınlıktaki Bakır sac numunelerini V bükme kalıbı tasarlayarak 60°, 90° ve 120° açılarında 2 ve 4 mm bükme radyuslu kalıplarda bükmüşlerdir. Kalıp açısı ve levha kalınlığı arttıkça geri esneme miktarının azaldığını ve bükme radyusu arttıkça geri esnemenin arttığını gözlemlemişlerdir. Kalıp açısının artışı sonucu geri yaylanmanın azalmasının büküm işlemi sonrasında sac numunenin dış yüzeydeki şekil değişikliğine uğrayan bölgelerdeki uzama miktarı azalışından dolayı olduğuna vurgu yapmışlardır. Geri yaylanmanın azaltılmasının bükme radyusunun azaltılmasıyla elde edileceğini bildirmişlerdir.

Doğdu (2021) çalışmasında tüm mühendislik malzemelerinin k-faktörünün 0,27 - 0,5 arasında kabul gördüğünü bildirmiştir. K-faktörünü belirleyen unsurların en önemlisinin sac malzeme büküm iç yarıçap değeri olduğunu vurgulamıştır. Alüminyum sac malzemelerinde k-faktörünü belirlemek için yumuşak ve orta sert olarak değerlendirmek gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca, söz konusu çalışmada k-faktörü değerinin 0,5' ten büyük olamayacağı bunun sebebi olarak da plastik şekil değişimi için sac malzemeye büküm işlemi ile basma gerilmesine maruz bırakılmadığını belirtmiştir. Büküm işlemi sırasında asıl gerilmelerin sacın iç yüzeyinde oluşan basma



gerilmeleri olduğu ifade edilmiştir. Sacın dış yüzeyinde oluşan gerilmelerin ise çekme gerilmeleri olduğu ve asıl gerilme olmadığı vurgulanmıştır. Çekme gerilmelerinin sacın iç kısmında oluşan basma gerilmelerine tepki olarak oluştuğu ve böylece sac üzerinde oluşan basma gerilmelerinin her zaman çekme gerilmelerinden büyük veya eşit olması gerektiği bildirmiştir.

Çerçi (2021) çalışmasında bükme esnasında, sac malzemenin dış yüzeyinde çekme kuvveti etkisiyle uzama, iç kısımlarında ise basma kuvveti etkisiyle kısalma gerçekleştiğini belirtmiştir. K-faktörünü, büküm sabitini hesaplama yöntemi olarak malzeme kalınlığına olan mesafenin malzemenin kalınlığına oranı olarak açıklamıştır.

Al-Wahab & Baştürk (2021) çalışmasında 0,5, 0,7 ve 0,8 mm kalınlığındaki alüminyum numuneleri dikdörtgen, dairesel ve üçgen kalıplar kullanarak ve yağlayıcı da ekleyip bükerek geri esneme etkilerini incelemişlerdir. Sac kalınlığı artışının geri esnemeyi azalttığını bildirmişlerdir ve yağlayıcı türünün geri esnemeyi etkilemediğini vurgulamışlardır.

Küçükduvan (2022) çalışmasında sac levhaların birçok mekanik özelliğinin sacı şekillendirmede etkili olduğunu belirtmiştir. Sacın kalınlığının, akma gerilmesinin ve haddeleme yönünün bükme işlemini doğrudan etkilediğini açıklamıştır. Ayrıca bükülecek sac malzemenin akma gerilmesinin büyük olmasının daha yüksek bükme kuvvetini gerektirdiğini bildirmiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde, çalışmaların genelde bükümde geri esneme miktarlarının hesaplanması ve buna bağlı olarak gerekli bükme kuvvetleri, farklı alt ve üst kalıplar kullanılarak bulunan k-faktörlerinin karşılaştırması, C++ gibi yazılım programları kullanılarak k-faktörünü hesaplama üzerine yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada savunma sanayi üretimleri başta olmak üzere pek çok alanda sıklıkla kullanıldığından dolayı 0,8 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm ve 4 mm AISI 304 kalite paslanmaz sac malzemeleri kullanılarak yapılan bükme işlemleri sonrasında doğru sonucu veren k-faktörlerinin hesaplanması yapılmıştır. Bu çalışma ile abkant pres kullanarak büküm işlemi yapan her firma kendi k-faktörlerini hassas bir şekilde hesaplayıp kullanabileceklerdir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında AISI 304 kalite paslanmaz malzemesi 0,8 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm ve 4 mm kalınlığında tedarik edilmiştir. Solidworks programı kullanılarak üç farklı k-faktörü ile her kalınlık için üç farklı sac açınımları oluşturulmuştur. Bu k-faktörleri 0,275, 0,35 ve 0,425 değerleridir. Bu değerler k-faktörünün 0,200 ve 0,500 arasında olması beklendiği için 0,075 birim artırılarak seçilmiştir. Tedarik edilen sac numuneler 90° açı yapacak şekilde bükülmüştür. Malzemeler, bükümden önce ve sonra detaylı olarak incelenmiştir. Oluşan bükümlere göre doğru bükümler için dördüncü bir açınım gerekliliği duyulmamış ve aynı k-faktörü değeri ile doğrulama bükümleri gerçekleştirilmiştir. Fakat tolerans dışı kalan bükümler için dördüncü bir öngörü k-faktörü belirlenmiştir. Belirlenen bu k-faktörlerine göre her kalınlık için bir adet daha malzeme tedarik edilerek yine 90° açı yapacak şekilde bükülmüştür. Tüm sonuçlar göz önüne alındıktan sonra doğrusal interpolasyon hesaplaması ile yeni bir k-faktörüne ulaşılmış ve bükme işlemi tekrarlanmış ve doğrulama bükümleri yapılmıştır.

Çalışmada, AISI 304 kalite paslanmaz sac malzemesinin belirtilen her bir kalınlık için en uygun k-faktörü belirlenmiştir. Bükümden sonrası yükseklik ve genişlik değerleri 50x50 olması istenmiştir. Tüm bükümler için ortaya çıkan sonuçlar ise tablo haline getirilmiştir.

SolidWorks programında parçalar oluşturularak, 0,275, 0,35 ve 0,425 k-faktörü değerleri ile açınımları alınmıştır. Oluşan açınımlar Tablo.1’ de belirtilmiştir.

Tablo.1.Farklı kalınlıklara göre 50x50 mm olması istenen tasarımın değişen k-faktörlerine göre oluşan açınımların boyları.

Malzeme Kalınlığı	k: 0,275	k: 0,35	k: 0,425
0,8 mm	98,4 mm	98,5 mm	98,59 mm
1 mm	98 mm	98,12 mm	98,24 mm
1,5 mm	97 mm	97,18 mm	97,36 mm
2 mm	96,01 mm	96,24 mm	95,48 mm
2,5 mm	95,01 mm	95,3 mm	95,6 mm
3 mm	94,01 mm	94,36 mm	94,72 mm

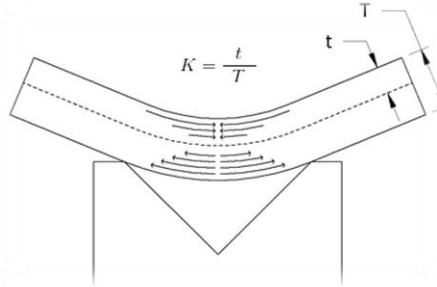
4 mm	92,01 mm	92,48 mm	92,95 mm
------	----------	----------	----------

## 2.1. K-Faktörü

K-faktörü üretilmesi istenen parçanın bükümden sonra doğru ebatlara gelmesini sağlayan değer olarak açıklanabilir. Uygun büküm için gerekli olan; açınım sacın, alt ve üst kalıplar ile bükülmesi için doğru ebatlarda olmasıdır. Bu açınımı etkileyen ise büküm iznidir. Büküm iznini ise k-faktörü etkiler. K-faktörü sac levha parçasının kalınlığına göre levhanın nötr ekseninin konumunu temsil eden bir orandır. Sac levha büküldükten sonra merkez çizgisinde kayma meydana gelir ve nötr eksen oluşur. Nötr eksen bükme işleminden kaynaklanan çekme-basma deformasyonu etkisinin oluşmadığı kabul edilen sanal eksen olarak ifade edilebilir. Özetle k-faktörünün sayısal ifadesi bükme işlemi sonrası nötr eksen mesafesinin malzeme kalınlığına oranıdır.

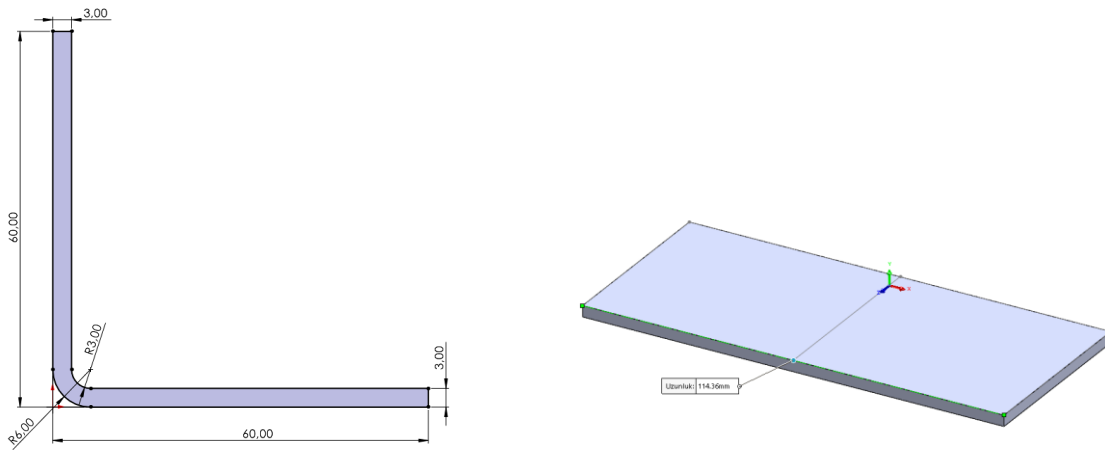
Sac metal bükümleri, k-faktörünün en fazla kullanıldığı üretim alanıdır. K-faktörünün kullanılan tüm malzemelerde ve tüm kalınlıklarda bilinmesi, tasarım biriminin hata toleransını en aza indirdiği bilinmektedir.

K-faktörü değeri için genellikle varsayımlar kullanılmaktadır. Bu varsayımlar kullanılan malzeme sertliğine veya büküm ucu yarıçapına göre değişmektedir. Matematiksel olarak olması gereken değeri ise 0 ile 0,5 değerleri arasındadır. Bu değişikliğin ana sebepleri, malzeme kalınlığının değişmesi ve sac malzemedeki nötr eksenin yeri gibi değerlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. K-faktörü matematiksel olarak  $t / T$  oranı ile açıklanabilir.



Şekil.1. k-faktörü oranının sac metal üzerinde gösterimi (Bozkurt, 2018).

K-faktörü için bir örnek vermemiz gerekirse genişliği fark etmeksizin 60 mm yüksekliğinde ve 60 mm uzunluğunda 3 mm bir parçayı tasarlayalım. Büküm için kullandığımız k-faktörü olarak da 0,35 değerini girerek açınım oluşturulursa uzunluğu 114,36 mm olarak görülür. Eğer 0,5 değeri girilirse bu değerin 115,07 mm olduğu görülür. Sonuç olarak farklı k-faktörü değerleri ile farklı sac açınım değerlerinin oluştuğu görülmektedir.



Şekil.2. 3 mm kalınlığında 60 mm yüksekliğinde ve 60 mm uzunluğunda SolidWorks programı kullanılarak oluşturulmuş bir parça tasarımı ve K-faktörü 0,35 olarak girildiğinde parçanın açınım boyu uzunluğu.

K-faktörünün sac açınımında matematiksel olarak kullanılması ise aşağıdaki gibidir (Bozkurt,2018).

$$BA = \frac{2 \times \pi \times \alpha (R + K \times T)}{360} \quad (1)$$

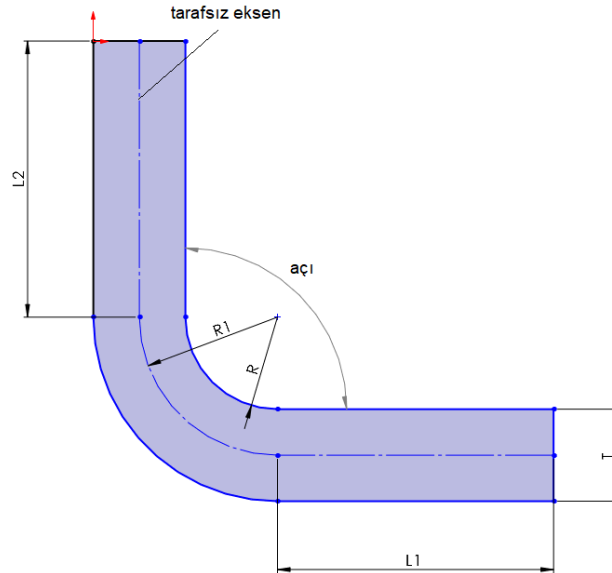
Burada kullanılan değerler şu şekilde açıklanmaktadır;

BA = büküm izni,  $\alpha$  = büküm açısı, R = büküm yarıçapı ( iç büküm yüzeyi) , K = k-faktörü ve T = sac kalınlığı (mm).

## 2.2. Açınım Boyu Hesabı

Büküm işlemi için, tasarlanan açınım boyunun bulunması gereklidir. Özellikle savunma sanayisindeki hassas işlerin sürdürülebilmesi için bu nokta çok önemlidir. SolidWorks, Inventor gibi tasarım yapılabilen programlar ile bükümlü parçanın açınımı alınabilmektedir.

Bükülen parçanın bükmeden önceki hali olan açınımının bulunması için bükülen kısım veya kısımların tarafsız eksen üzerinde tam boyu hesaplanabilmektedir. Bu hesabın yapılabilmesi için aşağıdaki şekilde belirtilen sac malzemesini, kalınlığı, bükmenin yarıçapı ve bükme açısını bilmemiz gereklidir.



Şekil.3. Açınım boyu bulmak için gerekli olan bilgiler.

Bükme için gerekli açınımın bulunmasında uygulanan yarıçap Tablo 2'deki gibi hesaplanabilir. (Bozkurt, 2018).

Tablo.2. Bükme ucu değerleri ile K değeri bağlantısı.

Bükme Ucu Değerleri	K Değeri	Bükme Kavis Yarıçapı (mm)
Yarıçap, sac kalınlığı ile aynıysa	$K = 0,33 \times T$	$R1 = R + 0,33 \times T$
Yarıçap, sac kalınlığının 2 ile 4 katı arasındaysa	$K = 0,42 \times T$	$R1 = R + 0,42 \times T$
Yarıçap, sac kalınlığının 4 katından fazlaysa	$K = 0,5 \times T$	$R1 = R + 0,5 \times T$

Bu formüllerle kullanılan elemanların açıklamaları ise şu şekildedir;

R = Büküm ucu yarıçapı , R1 = Tarafsız eksen büküm kavis yarıçapı ve T = Sac malzemesinin kalınlığı (mm), K = K-Faktörü.

## 2.3. AISI 304 Kalite Paslanmaz Malzemesinin Özellikleri

AISI 304 çeliği yüksek mukavemete sahip olup, dünyada en fazla kullanılan paslanmaz çelik türüdür. Çok iyi şekil verilebilme ve kaynaklanabilme özelliklerine sahiptir. 900°C civarında ısı bulunan bir ortamda oksidasyon

dayanımları gayet iyidir. Ancak nemli ve su bulunan 400 – 850°C arası ortamlarda korozyon dayanımları düşmektedir.

Sağlık alanında sıklıkla karşılaştığımız AISI 304 çeliği; tencere, tava, kaşık, bıçak, çatal gibi mutfakta kullanılan araçlarda karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında dış cephe kaplamaları, ısı dönüştürücüleri, cıvata, pul, somun ve tij gibi bağlantı elemanlarında kullanılmaktadırlar. AISI 304 kalite paslanmaz çeliğin kimyasal özellikleri Tablo.3'te ve mekanik özellikleri Tablo.4'te verilmiştir.

Tablo.3.AISI 304 kalite paslanmaz alaşımının kimyasal özellikleri (Şahin, 2013).

Elementler	Karbon (C)	Manganez (Mn)	Fosfor (P)	Kükürt (S)	Silisyum (Si)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)
Kütlece (%)	0,08	2,0	0,045	0,030	1,0	18,0 – 20,0	8,0 – 10,5

Tablo.4.AISI 304 kalite paslanmaz alaşımının mekanik özellikleri (Şahin, 2013).

Malzeme	Kopma Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Uzama	Sertlik
AISI 304	600	310	60	170

### 2.3. Abkant Büküm Makinesi

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen büküm işlemlerinde hidrolik abkant pres kullanılmıştır. Makinenin özellikleri üretici firma tarafından şu şekilde verilmiştir. Baykal ürünü APHS 31200 modelidir. Genişlik ölçüsü 3800 mm, derinlik ölçüsü 1850 mm, yükseklik ölçüsü 2800 mm dir. Makine ağırlığı 10000 kg dır. Baskı gücü 200 kN dur. Büküm uzunluğu 3100 mm ve dört eksenlidir. Bükülen maksimum malzeme kalınlığı 10 mm dir. Dayama mesafesi olarak X ekseninde 1000 mm, R ekseninde 160 mm dir. Maksimum hareket hızı X ekseninde 350 mm/s, R ekseninde 240 mm/s ve Z ekseninde 1000 mm/s dir. Pozisyon hassasiyeti X ekseninde  $\pm 0,03$  mm, R ekseninde  $\pm 0,05$  mm ve Z ekseninde  $\pm 0,05$  mm dir.



Resim.1. Bükümlerin gerçekleştirildiği hidrolik abkant pres.

### 2.5. Kullanılan Kalıplar

#### 2.5.1. Kullanılan Alt Kalıplar

Bükme işlemlerinde kullanılan alt kalıplar sac malzemenin kalınlığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Alt kalıplar CK45 malzemeden üretilmiştir ve sertlik değerleri 51/54 HRC dir.

Tablo.5.AISI 304 kalite paslanmaz sacının bükümde kullanılan alt kalıplar.

Malzeme Kalınlığı	Kullanılan Alt Kalıplar
0,8 mm	V10
1 mm	V10
1,5 mm	V12
2 mm	V12
2,5 mm	V12
3 mm	V20
4 mm	V20

### 2.5.2. Kullanılan Üst Kalıp

Büküm çalışmalarının tümü 3,3 mm uç radyüslü üst kalıpla gerçekleştirilmiştir. Kullanılan üst kalıp CK45 malzemedan üretilmiştir ve sertlik değeri 51/54 HRC dir. Tablo.6' da CK45 çeliğinin kimyasal kompozisyonu verilmiştir.

Tablo.6. CK 45 çeliğinin kimyasal kompozisyonu (ağırlık yüzdesi) (Akıncıoğlu vd. 2021).

Demir (Fe)	Karbon (C)	Silisyum (Si)	Manganez (Mn)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Fosfor (P)	Kükürt (S)
Diğer	0,47	0,29	0,71	0,18	0,03	0,02	0,04

### 2.6. Doğrusal İnterpolasyonun Uygulanışı

Doğrusal (Lineer) interpolasyon, lineer polinomların kullanılması sayesinde, elde edilen verilerin bilinen noktalardan yeni veri üretilmesine yarayan bir eğri uydurma metodudur. Bilinen iki nokta arasındaki lineer interpolasyon denklemi şu şekilde uygulanabilmektedir;

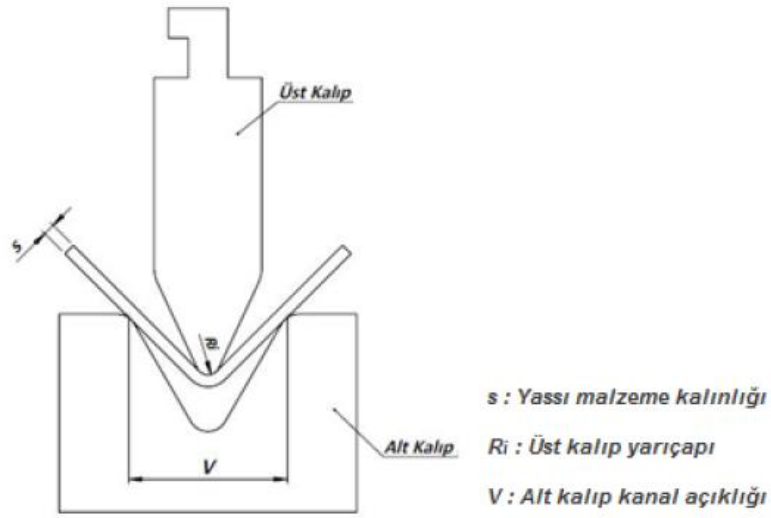
$$\frac{\text{ilk değişken} - \text{son değişken}}{\text{ara değişken} - \text{son değişken}} = \frac{\text{ilk değer} - \text{son değer}}{\text{ara değer} - \text{son değer}}$$

Burada ilk değişken ve son değişken hangi k-faktörleri arasında ise o değerleri alır. İlk değer ve son değer ise bu iki k-faktörüne göre bükülen sacın büküm sonrası boyunun değerleridir. Ara değer birimi sonuca ulaşmak istediğimiz büküm boyu uzunluğu olan 50 mm değeridir. Ara değişken ise istediğimiz k-faktörüdür.

### 2.7. Sac Metal Büküm Deneyleri

Bükme deneyleri gerçekleştirilirken savunma sanayinde sıklıkla kullanılan malzemeler esas alınmıştır. Deney numuneleri Tablo.1' de verilen değerlere göre AISI 304 kalite paslanmaz malzeme olarak 4 mm kalınlığa kadar toplam 3 adet olacak şekilde tedarik edilmiştir. Üç farklı k-faktöründen birinde tolerans değerlerine göre uygun bir büküm oluşmuşsa dördüncü olarak doğrulayıcı bir büküm daha yapılmıştır. Eğer üç farklı değerde de uygun bir büküm oluşmamışsa, büküm sonucu değerlerine göre tablodan tahminde bulunarak yeni bir k-faktörü değeri ile açınım alınmıştır. Bu açınımaya göre numune tedarik edilmiştir. Buna ek olarak ortaya çıkan tüm sonuçların üzerine doğrusal interpolasyon hesaplaması uygulanmış ve en yakın k-faktörünün bulunması hedeflenmiştir. Tahmin edilerek ortaya çıkan k-faktörü değerleri ile doğrusal interpolasyon hesaplamaları sonucu ortaya çıkan k değerleri karşılaştırılmıştır. Deneyler V bükme kalıbında ve kuru ortamda yapılmıştır (Şekil.4).





Şekil.4. Hidrolik abkant preste yapılan bükme işleminin şematik gösterimi.

### 3. Bulgular

0,275 , 0,35 ve 0,425 k-faktörü kullanılarak oluşan açınım boyutları ile birer adet AISI 304 kalite paslanmaz malzemesi bükümleri gerçekleştirilmiştir. Bu bükümler sonrasında uygun olmayan bükümler için tahmin edilerek öngörülen bir k-faktörü ile açınım alınmış ve bir büküm daha gerçekleştirilmiştir. Bu tahmin, 50 mm değeri hangi aralıkta bekleniyorsa o değerler arasında seçilmiştir. Tüm sonuçlar üzerine doğrusal interpolasyon hesaplaması yapılarak ortaya yeni bir k-faktörü çıkarılmıştır. Bu değerler ile doğrulama bükümü için üçer açınım daha tedarik edilmiştir. Buna göre gerçekleştirilen tüm büküm numunelerin ölçüsünün istenen  $50,00 \pm 0,02$  mm aralığında olduğu doğrulanmıştır.

Tablo.7. Üç farklı k-faktörüne göre büküm sonuçları, tahmin edilen k-faktörüne göre büküm sonuçları ve doğrusal interpolasyon hesaplamaları sonucu ortaya çıkan k-faktörü.

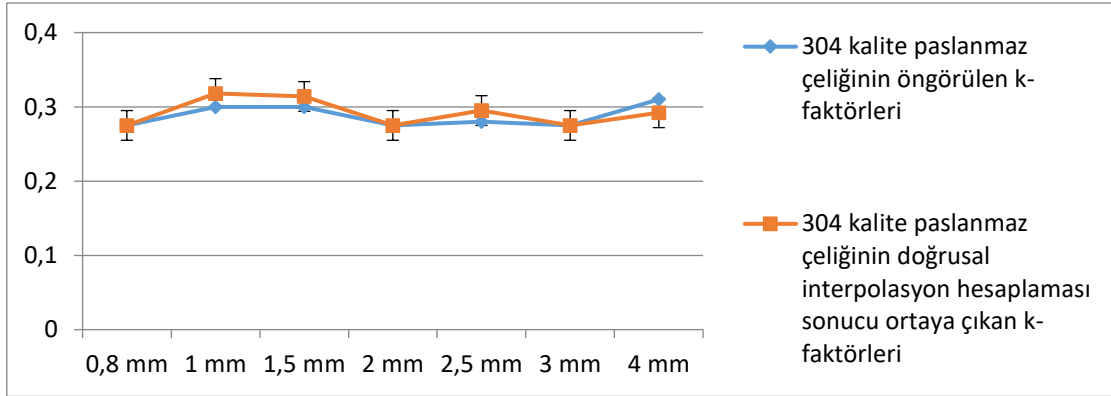
AISI 304 kalite paslanmaz	k: 0,275	k: 0,35	k: 0,425	Tahmin Edilen k	İnterpolasyon ile k
0,8 mm	50,00	50,11	50,19	$0,275 = 50,00$	0,275
1 mm	49,96	50,03	50,10	$0,300 = 49,97$	0,318
1,5 mm	49,89	50,10	50,18	$0,300 = 49,95$	0,314
2 mm	50,00	50,24	50,43	$0,275 = 50,00$	0,275
2,5 mm	49,97	50,08	50,25	$0,280 = 49,98$	0,295
3 mm	50,00	50,15	50,32	$0,275 = 50,00$	0,275
4 mm	49,97	50,10	50,24	$0,310 = 50,05$	0,292

Tahmin edilen k değeri ile doğrusal interpolasyon hesaplaması ile bulunan k değerlerinin yakın değerler olduğu görülmektedir. Bu durum, AISI 304 malzemeleri için tahmin edilmiş k-faktörlerinin doğru büküm için gerekli olan k-faktörlerine yakın olduğunu göstermektedir. Doğrusal interpolasyon hesaplamasının yapılması hassas bükümlerin gerçekleştirilmesi için gerekli bir çalışmadır. Buradaki hedef, numune bükümlerle doğru ve uygun k-faktörünün aralığını belirlemek ve o aralık için matematiksel yaklaşımda bulunarak sonuca ulaşmaktır. 1,5 mm AISI 304 kalite paslanmaz bükümünü ele alırsak ;

$$\frac{50,10-49,89}{50-49,89} = \frac{0,35-0,275}{x-0,275} \quad (2)$$

denkleminde x değerinin 0,314 olduğu hesaplanmıştır. Buradan çıkan sonuç, 1,5 mm AISI 304 kalite paslanmaz çeliğinin firma bünyesinde doğru k-faktörünün 0,314 olduğudur. Tüm kalınlıktaki numuneler için hesaplamalar aynı şekilde yapılmıştır.

Pekince (2019) yaptığı çalışmada st37-2 bükümleri yaparak bunların k-faktörlerini belirlemiştir. 2 mm için 0,6 , 3 mm için 0,53 , 4 mm için 0,28 , 5 mm için 0,31 ve 6 mm için 0,41 k-faktörü bulunduğunu bildirmiştir. Bulduğu k-faktörlerinin yukarıda oluşturmuş olduğum Tablo.7 ile pek yakın değerlerde olmamasının başlıca nedenleri olarak farklı malzeme cinsi ve kullanılan farklı alt kalıplar olarak gösterilebilir. Pekince çalışmasında 2 mm için V16, 3 mm için V26, 4 mm için V35 alt kalıbını kullanırken benim yapmış olduğum çalışmada AISI 304 kalite paslanmaz çeliği bükümlerinde; 2 mm için V12, 3 mm için V20 ve 4 mm için V20 alt kalıbı kullanılmıştır. Dolayısıyla aynı kalınlıklarda k-faktörü tablosu iki çalışmada farklı alt kalıplar kullanılarak oluşturulmuştur. K-faktörü değerlerinin birbirine yakın olmaması bu nedenle açıklanabilir.

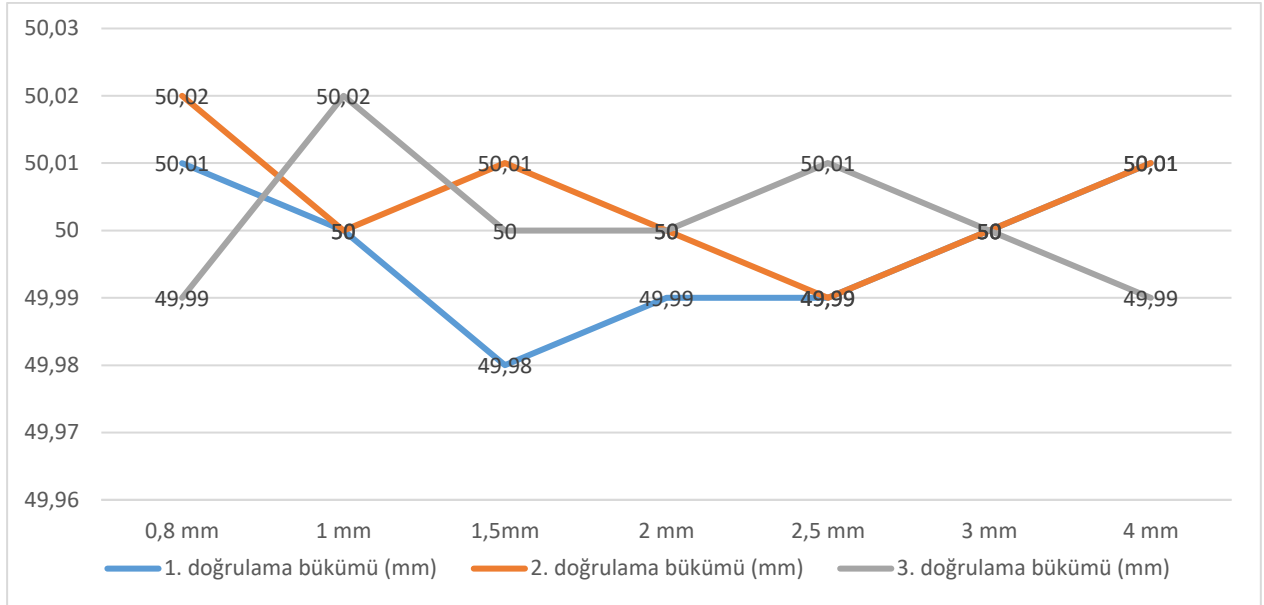


Şekil.5. AISI 304 kalite paslanmaz çeliğinin öngörülen k-faktörleri ve doğrusal interpolasyon hesaplaması sonucu ortaya çıkan k-faktörleri karşılaştırılması.



Şekil.6. 1,5 mm AISI 304 kalite paslanmaz çeliğinin verilen k-faktörlerine göre bükümleri.

AISI 304 kalite paslanmaz çeliğin istenen 50,00 mm ölçüsü 0,8 mm, 2 mm ve 3 mm kalınlıklarında 0,275 k-faktörü değerinde yani başta belirlenen değerlerde bulunduğu için üç adet doğrulama bükümü bu değerlerden gerçekleştirilmiştir. Diğer doğrulama bükümleri ise doğrusal interpolasyon sonucu ortaya çıkan k-faktörleri kullanılarak alınmıştır. Tüm doğrulama bükümleri üçer adet gerçekleştirilip sonuçlar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil.7). Şekil incelendiğinde tüm bükümlerin 49,98 mm ve 50,02 mm değerleri arasında olduğu görülmektedir. ISO 2768 tolerans tablosuna göre 30 mm ve 120 mm arası bükümlerin f (fine) sınıfı  $\pm 0,15$  mm dir. Yapılan bükümlerin bu sınıfa uyması bükümlerin hassas olduğunu göstermektedir.



Şekil.7. AISI 304 kalite paslanmaz çeliğin doğrulama bükümleri sonucu ortaya çıkan değerleri.

#### 4. Sonuçlar

Çalışmalar için öncelikle üç farklı k-faktörü kullanılmıştır. Alınan büküm sonuçlarına göre tahmin edilerek yeni bir k-faktörü belirlenmiş ve açınımı alınarak bükülmüştür. Bunlarla beraber doğrusal interpolasyon hesaplaması kullanılarak bir k-faktörü daha belirlenmiş ve bükülmüştür. Ayrıca doğrusal interpolasyon hesaplaması ile bulunan k-faktörlerinin açınımları için üç adet doğrulama bükümü gerçekleştirilmiştir.

Her büküm makinesinin hassasiyeti farklıdır. Kullanılan alt ve üst kalıbın zamanla aşınmalarını da göz önüne alırsak yapılan çalışmalar sadece firma bünyesinde doğruluk gösterebileceği bilinmelidir. Aynı kalıplar ve aynı büküm makinesi kullanılsa bile, firmalar bakımlarını aynı periyotta yapmayabilir ve kalıp aşınmaları tamamen aynı olmayacağı için k-faktörleri de birbirinden farklı olması beklenmektedir.

Yapılan çalışmadan çıkarılacak sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Malzemenin açınımı için gerekli olan k-faktörü, kalınlığa bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. AISI 304 kalite paslanmaz çeliği için 0,8 mm den 4 mm e kadar bulunan k-faktörü değerleri ortalama 0,275 ile 0,320 değerleri arasında olduğu görülmüştür.
- 0,8 mm, 2 mm ve 3 mm AISI 304 kalite paslanmaz sacının bükümlerinde 0,275 k-faktöründe büküm uzunluğu 50,00 mm olarak ölçülmüştür. Üçer açınım daha alınarak doğrulama bükümü yapılmıştır. Tüm numuneler  $50,00 \pm 0,02$  mm aralığında ölçülmüştür.
- 1 mm, 1,5 mm 2,5 mm ve 4 mm AISI 304 kalite paslanmaz sacının bükümlerinde istenen sonuç olan 50,00 mm değeri için k-faktörü değerlerinin 0,275 ve 0,35 değerleri arasında olduğu ve 0,425 değerinden uzak olduğu gözlemlenmiştir.
- Doğrusal interpolasyon hesaplaması ile bulunan k-faktörleriyle üçer adet doğrulama bükümleri  $50,00 \pm 0,02$  mm aralığında ölçülmüşlerdir.

**Kaynaklar**

1. **Akıncıoğlu, S., Öner, G., Yandayan, T. (2021).** CNC işleme merkezlerinde hataların iş esaslı yaklaşımla düzeltilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 9 (2021);92-103.
2. **Al-Wahab, D. A. & Baştürk, S. (2021).** Experimental investigation of drawbead effect on springback in profile of double circular, rectangular and triangular bending sheet metal forming processes. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 5(1), 51-64.
3. **Aydemir, F. (2017).** Abkant preslerde büküm parametrelerinin tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
4. **Basmacı, G. & Sayın, L. (2019).** Bakır sac levhaların "V" bükme yöntemi ile şekillendirilmesiyle oluşan geri esneme miktarının deneysel olarak incelenmesi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi* 11:3 (2019);147-154.
5. **Bozkurt, C. (2018).** Sac büküm işleminde açınım boyu problemlerinin azaltılmasına yönelik araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.
6. **Çerçi, E. (2021).** Makara ile sac şekillendirme sistemi ve sonlu elemanlar yöntemi ile analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.
7. **Dilipak, H., Ozdemir, M., Sarıkaya, M. (2013).** Effects of material properties and punch tip radius on spring-forward in 90° V bending processes. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 20;64-69.
8. **Doğdu, M. (2021).** Saclarda değişken faktörlerin doğal frekansa etkisinin karşılaştırılması olarak sonlu elemanlar metoduyla incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
9. **Hekim, E. (2014).** Sac bükmede geri yaylanmanın sonlu eleman yöntemi ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye.
10. **Işıktaş, A. (2011).** Farklı kalınlıklardaki dkp ve paslanmaz sacların farklı açılarda yapılan V - bükme işlemindeki geri yaylanmalarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.
11. **Karakaş, M. S., Günen, A., Karakaş, Kurt, B., Çalık, A. (2014).** Corrosion behavior of borided AISI 304 austenitic stainless steel. *Anti-Corrosion Methods and Materials*, 61(2), 112-119.
12. **Kovacevic, R., Hu, Z., Labudovic, M., Wang, H., (2001).** Computer simulation and experimental investigation of sheet metal bending using laser beam scanning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 41(4), 589-607.
13. **Küçükdoğan, R. (2022).** Servo caka makinesinin tasarımı ve yapısal optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye.
14. **Lu, J., Mai, S. P., Wen, C. S. (2018).** Surface-modified steel sheets and corrugated panels in three-point bending. *International Journal of Mechanical Sciences*, 142-143, 10-20.
15. **Malyer, E. & Kayral, S. (2018).** Isıl işlemin AA6061 alüminyum alaşımı sac metal malzemenin şekillendirilmesine etkilerinin incelenmesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi* 9:2 (2018); 741-751.
16. **Pasebani, S., Ghayoor, M., Lee, K., He, Y., Chang, C., Paul, B. K. (2019).** Selective laser melting of 304L stainless steel: role of volumetric energy density on the microstructure, Texture and Mechanical Properties. *Additive Manufacturing*, 101011.
17. **Pekince, D. (2019).** Sac metal bükümlerinde "k" faktörünün mukavemetsel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.
18. **Şekerçi, E.M., Meşeci, E.Y., Düzkaya, E., Örs, D. (2018).** Sac metal şekillendirme ve uygulamaları. Bitirme Çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
19. **Şahin, Ç.Ö. (2013).** Sac levhaların V-bükme sonucu geri yaylanma davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
20. **Uslu, E. (2014).** Sac malzemelerin bükülmesinde geri yaylanma davranışının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.

# ADSORPTION OF DEEP RED ON AC PREPARED FROM CHESTNUT SHELL

Uğur Selengil<sup>1</sup>, Derya Yıldız<sup>1</sup>, Burcu Tan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Chemical Engineering, 26040, ESKİŞEHİR

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, 17020, ÇANAKKALE

## Abstract

Adsorption of Deep Red (DR) on activated carbon (AC) produced from chestnut shell has been studied. Chemical activation process with ZnCl<sub>2</sub> was applied to the ground chestnut shells at 3:1 (ZnCl<sub>2</sub>/Raw Material) impregnation ratio, and then at 500 °C, the carbonization process was used to produce AC. The surface area of the AC was defined as 2187 m<sup>2</sup>/g. Effects of AC dose, contact time, pH, temperature and initial concentration on DR adsorption have been studied. In experimental studies, 97.4% dye removal was achieved using 0.1 g AC at pH 2.5, 45°C and at 100 mg/L. Dye removal has been seen to increase at all initial concentrations as the temperature increased. The kinetic data are corresponding to the pseudo 2nd order kinetic model. The finding was that the adsorption process corresponding to the Freundlich isotherm model. According to ΔS, ΔH, and ΔG thermodynamic data, DR adsorption on AC is an endothermic and chemical adsorption. The study's findings revealed that AC prepared from chestnut shell is suitable for removing DR from aqueous solutions.

**Key Words:** Adsorption, Deep Red, Activated Carbon, Chestnut Shell

## 1. Introduction

Water is essential to life, but the freshwater resources on earth are decreasing every year. The low amount of precipitation as an effect of climate change, uncontrolled agricultural irrigation and excessive water consumption are the biggest reasons for this (Dutta et al., 2021). Pollution of these diminishing resources for various reasons also endanger usable water resources. Discharge of industrial wastes to fresh water resources is one of the main pollution factors. The textile industry consists of processes that use a lot of water and produce excess wastewater. Dyes constitute a large part of the pollution in textile wastewater. Many dyestuffs such as basic, acidic, reactive and pigment are used in the textile industry. It is known that about 60% of the initial amount of such dyes, especially for cotton fabrics, passes into wastewater (Rivera et al., 2011). Azo dyes have one or more -N=N- on the aromatic rings. Deep Red (DR) is in the class of azo dyes (CAS:3564-22-5). The structure of the DR is given in Figure 1. The IUPAC name, molecular formula and molecular weight is (4Z)-4-[(4-methyl-2-nitrophenyl)hydrozylidene]-N-(3-nitrophenyl)-3-oxynaphthalene-2-carboxamide, C<sub>24</sub>H<sub>17</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>, 471.42 g/mol, respectively.

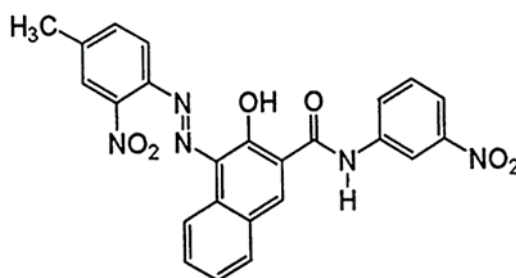


Fig. 1 DR (Pigment Red 18)

The removal of dyes, which cause serious health and ecological problems, from wastewater is gaining importance day by day. Many methods such as advanced oxidation techniques, electrolysis, filtration, ion exchange coagulation and adsorption have been applied for the dye removal (Bal & Thakur, 2022; Aragaw & Bogale, 2021).

### \*Corresponding Author:

Burcu TAN Çanakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies  
17020, Çanakkale-Turkey.

Geliş (Received) : 11.10.2023

Kabul (Accepted) : 07.11.2023

Basım (Published) : 31.12.2023



In terms of ease of use and cost, adsorption is the most advantageous of these methods. Adsorption has been studied by many researchers as a highly efficient, sustainable and environmentally friendly method for the dye removal from wastewater.

Natural clay (Al Kausor et al., 2022; Bergaoui et al., 2018), MOFs (Beydaghdari et al., 2022), polymeric adsorbents (Li et al., 2022; Saini & Dey, 2022), magnetic nanoparticles (Bayantong et al., 2021) and ACs (Sh. Gohr et al., 2022; Xue et al., 2023) were used to increase the dye adsorption yield. Various adsorbents used for the azo group dye adsorption and their adsorption capacities are given in Table 1.

Table 1. Various adsorbents used for adsorbing some azo dyes and their adsorbing capacities

Dye	Adsorbent	q (mg/g)	References
Basic Red 18	Nano-clay	714.3	Hasani et al. (2017)
Basic Red 18	Perfil	12.82	Maximova & Koumanova (2008)
Basic Red 18	Hydrocharred waste human hair	84.95	Isik et al. (2022)
Basic Red 46	Moroccan clay	54	Bennani Karim et al. (2009)
Acid Red 18	Magnetic porous polymer composite	301	Lu et al. (2019)
Acid Red 18	Peach stone AC	34.32	Saratele et al. (2016)
Acid Red 18	Zeolite/Chitosan Hydrogel	332.48	Hidayat et al. (2022)
Congo red	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @Al-MOF	2446.18	Kang et al. (2023)
Congo red	Zinc curcumin oxide nanoparticles	94.45	Arab et al. (2022)
Congo red	Carbon stem of water hyacinth	14.367	Extross et al. (2023)
Congo-red	Ca-bentonite	107.41	Lian et al. (2009)
Reactive red 120	Fouchana clay	9.3	Errais et al. (2012)
Deep red	Organo bentonite modified with cetyltrimethylammonium bromide	38.81	Tumsek (2019)
DR (Pigmet Red 18)	Chestnut AC	45.85	This study

Among the adsorbents used for removal of dye, the ACs obtained from biomass are cheap and sustainable. High adsorption capacity is also an important advantage for dye removal. AC can be made from many different materials. Selected materials should be cheap and abundant for economy and efficiency (Husien et al., 2022). In particular, waste biomass resources have a high potential in this respect. ACs, which have advanced surface properties, can be made by physical and chemical process. Adsorption capacities of ACs are determined by surface properties. The activation agent's chemical composition, in particular, has an impact on the AC's functional groups. It is stated that these surface groups are in charge of the the adsorption process (Husien et al., 2022). Thanks to these properties, AC is a very suitable adsorbent for waste water (Aragaw & Bogale, 2021). ACs produced from many different biomass sources are frequently used for dye removal from waste water. For example, Jawad et al. produced AC from the dragon fruit peel and used it for Methylene Blue (MB) adsorption and the highest capacity was found as 195.2 mg/g in this study (Jawad et al., 2021). Foroutan et al., produce the AC from lemon tree and use it for crystal violet dye adsorption. The most effective parameter was found to be pH and the highest capacity was 23.6 mg/g (Foroutan et al., 2021). AC produced from waste coffee was used in adsorption of Congo Red dye and the max capacity for adsorption was found as 90.9 mg/g (Lafi et al., 2019). In another study, the AC made from Indian Slug Seeds was examined for the Victoria Blue adsorption and the capacity is 92.78 mg/g.

Thermodynamic data have shown that adsorption occurs endothermic and spontaneously (Khan et al., 2022). AC made from cactus fruit peels was used in the Basic Red 46 adsorption and the capacity was obtained as 806.38 mg/g under optimum conditions (Akkari et al., 2023). Chestnut shells have also been a very preferred waste biomass source for AC production. Altintig et al. derived AC from chestnut shells and then deposited magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  particles. This magnetic AC was used for the Malachite Green (MG) adsorption. It has 311.40 mg/g adsorption capacity in optimum experimental conditions (Altintig et al., 2018). Zhang et al., produced the AC from chestnut shells and used for removal of MB and the 1489.88 mg/g of capacity was found. The surface area of this AC is 1539.41  $\text{m}^2/\text{g}$  (Zhang et al., 2021). Kong & Zhang (2022), derived an AC with  $\text{ZnCl}_2$  activation from chestnut shell and applied in methylene blue adsorption. The SBET of the carbon is 1539.4  $\text{m}^2/\text{g}$ . It has determined that the adsorption process contains chemical adsorption. Capacity for adsorption was found as 1435.87 mg/g (Kong & Zhang, 2022). ACs produced from chestnut shells are used in the adsorption of various heavy metals as well as dye removal. Demiral et al., in their study, produced an AC by  $\text{H}_3\text{PO}_4$  activation from chestnut shells. A pore volume of 0.7819  $\text{cm}^3/\text{g}$  and a surface area of 1611  $\text{m}^2/\text{g}$  have been determined. This AC was used for the lead adsorption (Demiral et al., 2014). Akbari and Olfati used ACs derived from chestnut shell, walnut shell, coconut shell and peanut shells for arsenic adsorption (Akbari & Olfati, 2020). Özçimen & Meriçboyu used ACs made from chestnut shell and grape seeds as adsorbent to adsorb the Cu (II) ions. Chestnut shell AC surface area has been found as 1319  $\text{m}^2/\text{g}$  (Özçimen & Meriçboyu, 2009).

In our study, the adsorption capability of the AC for removing DR dye was investigated after it had been produced by activating  $\text{ZnCl}_2$  from chestnut shell. A study on DR adsorption with AC produced from chestnut shell by  $\text{ZnCl}_2$  activation was not performed, although various dye and heavy metal adsorption experiments had been performed with ACs obtained from chestnut shell. Our study is unique for adsorption of DR dye in this regard.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 AC

$\text{ZnCl}_2$  (MERCK) was used as dehydration agent in active carbon production from chestnut shell. The selected impregnation ratio was 3:1 ( $\text{ZnCl}_2$ /Chestnut shell). For the impregnation process, 90 g  $\text{ZnCl}_2$  was dissolved in 300 ml of distilled water. 30 g of ground chestnut shells were added to the  $\text{ZnCl}_2$  solution and mixed for 6 h at 75 °C in the magnetic mixer. After the impregnation process, the aqueous solution was filtered and the remaining solid part was dried for 24 h at 105 °C. The  $\text{ZnCl}_2$  impregnated chestnut shell was placed in a stainless steel vessel and carbonized in a vertical furnace (Carbolite TZF 12/75/700). The obtained sample was carbonized at 500 °C. 100 mL/min was the chosen the  $\text{N}_2$  flow rate and the heating rate to 10 °C/min. Following carbonization, AC and a 0.5 N HCl acid solution were mixed for one hour. Then it was washed until the pH was between 6-7 with hot distilled water then dried for 24 h. The  $\text{N}_2$  gas adsorption-desorption isotherm in 77 K was used to identify the surface characteristics of the AC (Autosorb 1C (Quantachrome)). The functional groups of AC were determined using an FT-IR instrument (The Bruker Tenor 27). Surface morphology of AC was determined by SEM analysis (Hitachi Regulus 8230). Elemental analysis of AC is performed with EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

### 2.2 Adsorption

The adsorption of Deep Red (DR) was performed in the shaking water bath (Mettler). The absorbance values of the dye solutions were determined at 519 nm wavelength with UV spectrophotometer (Shimadzu). After preparing a 1000 mg/L stock solution from DR dye, by diluting the stock solution, dye solutions at different concentrations were prepared. On adsorption, the effects of the solution's pH, dye concentration, amount of AC, contact time, and temperature were examined and the most appropriate conditions for dye removal were determined. All experiments performed in 50 ml dye solution. To be able to study the pH effect, the samples were shaken for 24 hours at 25 °C at different pH values ranges between 2.5 to 11.0 at a 100 mg/L concentration. HCl and NaOH were utilized for pH adjustments of dye solutions. To be able to examine the effect of adsorbent dose, experiments were conducted for 24 h at pH 2.5, 25 °C and 100 mg/L concentration by using adsorbent in the range of 0.025-0.2 g. For the purpose of calculating the equilibrium time, experiments were conducted at 25 °C, 100 mg/L initial concentration, pH 2.5 with 0.1 g of AC. During the adsorption process, samples were taken at regular intervals for 0.5-72 h and concentrations of samples were calculated. With the obtained results, the most suitable kinetic model for the DR adsorption was determined. It was studied at pH 2.5 values to investigate how temperature affects and dye concentration. In research on adsorption, 0.1 g of AC was included in to the dye solutions made with various concentrations in the range of 100-500 mg/L. Adsorption experiments were conducted at 25, 35 and 45 °C for 24 h. At the conclusion of the period of time, the absorbance values of the samples were read at 519 nm wavelength and their concentrations were calculated.

The compatibility of the results obtained with the models of the Freundlich and Langmuir isotherms has been studied. Equation (1) was utilized to determined the quantity of dye adsorbed each unit of AC.

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} V \quad (1)$$

$q_e$  : Adsorbed DR on unit adsorbent (mg/g)  
 $C_0$  : Initial DR concentration (mg/L)  
 $C_e$  : Equilibrium concentration of dye solution (mg/L)  
 $V$  : Volume of the solution (L)  
 $m$  : Adsorbant dose (g)

The percentage of dye removed from the solution was determined according to the Equation (2).

$$\text{Removal \%} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} 100 \quad (2)$$

### 2.3 Kinetics

Pseudo-1st-order, 2nd-order and intra-particle diffusion models were used to analyze the kinetic data. The Equation (3) derived by Lagergren (Demiral et al., 2008; Sharma & Bhattacharyya, 2005) is used to determine the adsorption rate constant for pseudo-first order.

$$\log(q_e - q) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (3)$$

Pseudo 1st order rate constant is  $k_1$  ( $h^{-1}$ ), the amount of DR that was adsorbed on a unit amount of AC at time  $t$  is shown by the symbol  $q_t$  (mg/g). The contact time represented by the  $t$  (h). The slope of the  $\log(q_e - q_t)$  plot against  $t$  is used for finding the constants  $k_1$  and  $n$ . (Figure 10).

Pseudo-2nd-order equation expression according to Equation (4) (Demiral et al., 2008),

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

Pseudo 2nd order rate constant is  $k_2$  ( $g \text{ mg}^{-1} \cdot h^{-1}$ ), The contact time is indicated by the symbol  $t$  (st). When  $t/q_t$  and  $t$  graphs are drawn, the slope of the line represents  $1/q_e$ . The intersection point of the line represents  $1/(k_2 \cdot (q_e)^2)$ . (Figure 11).

The intra-particle diffusion is expressed as Equation (5) (Shakoor & Nasar, 2016; Selengil & Yıldız, 2022),

$$q_t = k_i t^{1/2} + C \quad (5)$$

$k_i$  ( $mg/g \cdot \text{min}^{1/2}$ ) is the intra-particle diffusion rate constant (Figure 12).  $k_i$  value is taken from the slope of the line  $q_t$  drawn versus  $t^{1/2}$  and the line's intercept is used to find out the constant  $C$ . Table 2 displays the constants for the kinetic models.

### 2.4 Isotherms

The fact that the adsorption isotherm is compatible with the Langmuir isotherm model indicates that monolayer adsorption takes place on a homogeneous surface. The fact that the isotherm is compatible with the Freundlich model. According to this model, the multilayer adsorption is likely to take place on a heterogeneous surface (Yorgun et. al., 2017). Equation (6) expresses the Langmuir isotherm model. (Demiral et al., 2008; Yuh-Shan, 2004).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (6)$$

The concentration of DR at equilibrium is  $C_e$  (mg/L). The equilibrium adsorption capacity defined as  $q_e$  (mg/g) and the adsorption capacity defined as  $Q_0$  (mg/g).  $b$  (L/mg) is the adsorption constant. Langmuir adsorption isotherm at 25, 35 and 45 °C is given in Figure 14. The slope and intercept of the plot of  $C_e/q_e$  vs  $C_e$  were used to calculate the Langmuir constants.  $R_L$ , defined in Equation (7), is known as the separation factor (Sharma & Bhattacharyya, 2005; Kavitha & Namasivayam, 2007).

$$R_L = \frac{1}{1 + b C_0} \quad (7)$$

The initial concentration of the DR solution is designated  $C_0$  (mg/L). The  $R_L$  value takes the value of  $0 < R_L < 1$  if the isotherm type is favorable,  $R_L > 1$  if unfavorable,  $R_L = 1$  if linear or  $R_L = 0$  if irreversible (Liu et al., 2012). Equation (8) gives the Freundlich isotherm's definition. (Selengil & Yıldız, 2022).

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (8)$$

where, adsorption capacity is measured by  $K_f$  (L/g), while intensity is defined by the isotherm constant  $n$ . Figure 15 displays the  $\ln(C_e)$  versus  $\ln(q_e)$  curves for the adsorption temperatures of 25, 35, and 45 °C. The slope and intercept of the graph of  $\ln q_e$  and  $\ln C_e$  were used to determine the values for  $K_f$  and  $n$ .

## 2.5 Thermodynamics

Equation (9) and (10) was used to calculate the change in the adsorption's Gibbs energy ( $\Delta G^\circ$ ).

$$K_c = \frac{q_e}{C_e} \quad (9)$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c \quad (10)$$

Where, the temperature is denoted by  $T$  (K), and the gas constant by  $R$  (8.314 J/mol/K).  $K_c$  is the equilibrium constant it is obtained from the Equation (11) (Selengil & Yıldız, 2022). The parameters  $\Delta H^\circ$  and  $\Delta S^\circ$  were determined from the slope and intercept of the  $1/T$  vs.  $\ln K_c$  graph, respectively.

$$\ln K_c = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \quad (11)$$

## 3. Materials and Methods

### 3.1 Characterization of AC

The surface characterization of AC produced from chestnut shells was made by  $N_2$  adsorption.  $N_2$  adsorption-desorption isotherms are given in Figure 2. Figure 3 depicts the graph of the distribution of pore sizes.

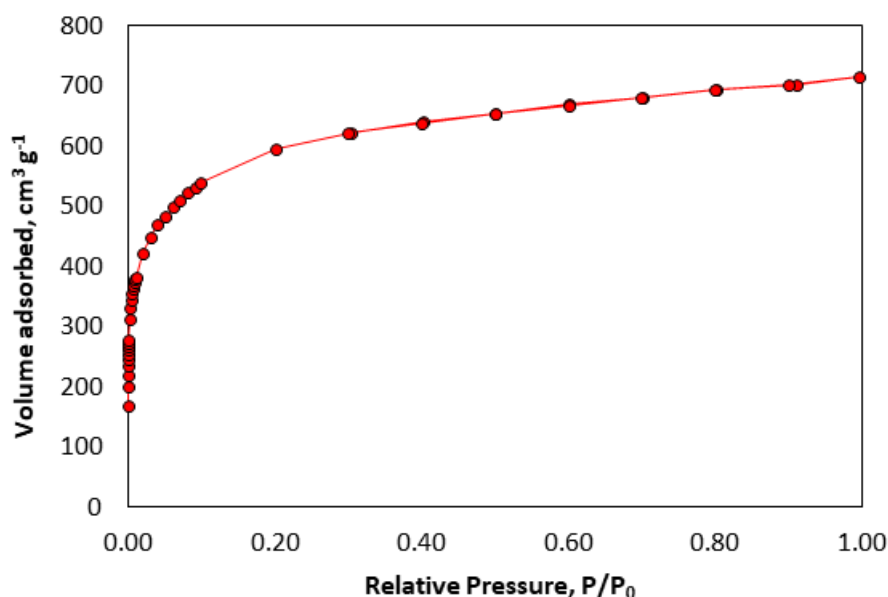
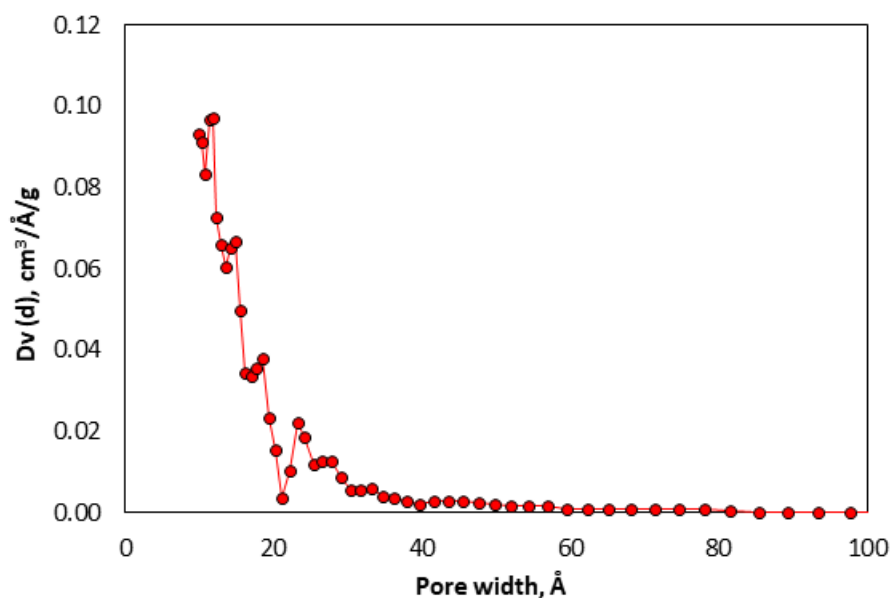
Fig. 2 N<sub>2</sub> isotherm of AC

Fig. 3 Pore size distribution of AC

The AC's N<sub>2</sub> adsorption-desorption isotherm obtained from chestnut shell at 3:1 impregnation ratio and at 500°C is suitable for Type I isotherm. The isotherm rose with a rapid slope up to the point where the relative pressure was 0.1. In this region, the rate of nitrogen adsorption by the pores is high. It is understood that the pores are filled at low relative pressures and this indicates that the AC consists of a microporous structure. In addition, in the isotherm of AC, the adsorption and desorption arms are almost coincident and no hysteresis region is observed. In this case, it can be said that AC contains a high percentage of micropores. At values of relative pressure greater than 0.1, the isotherm proceeded parallel to the horizontal axis and increased upwards until high relative pressures. This situation also shows that AC contains some mesoporous structure.

Figure 3 shows a graph of the distribution of pore sizes. The density of the pores was found to be in the range of 10-30 Å. Observation of significant peaks at values less than 20 Å indicated the presence of micropores. According to pore size distribution figure, it is seen that the highest pore diameter density is around 12 Å. This result indicates that the pore structure of AC is mostly made up of micropores. SBET area and isotherm curves also supported this



result. Calculations revealed that AC has a surface area of 2187 m<sup>2</sup>/g, micropore volume 0.770 cm<sup>3</sup>/g, total pore volume 1.106 cm<sup>3</sup>/g, average pore diameter of 20.23 Å. According to these results, 70% of the total pore volume of AC consists of micropores. It can be said that AC is suitable for adsorption studies because of the presence of the high density of micropores and also presence of the mesopores structure.

The band at approximately 3900-3700 cm<sup>-1</sup> in the FTIR spectrum of the AC given in Figure 4 is an O-H bond vibration, it demonstrates that there are hydrogen bonds present in water. (Karapınar 2022; Kazemipour et al., 2008; Şencan et al., 2015). The broad band at 3204-3000 cm<sup>-1</sup> represents stretching vibration of carboxyls, phenols or alcohols or -OH groups (Sun et al., 2016). The band in the 1590-1550 cm<sup>-1</sup> range explains the C=C aromatic vibration (Shafeeyan et al., 2011; Hesas et al., 2013; Prahas et al., 2008). The band at 1300-1100 cm<sup>-1</sup> is caused by the C=O vibration found in acids, phenols, alcohols, ethers and/or ester groups (Prahas et al., 2008). It has also been shown that the peaks between 600 and 900 cm<sup>-1</sup> may originate from C-Cl bonds (Karapınar, 2022).

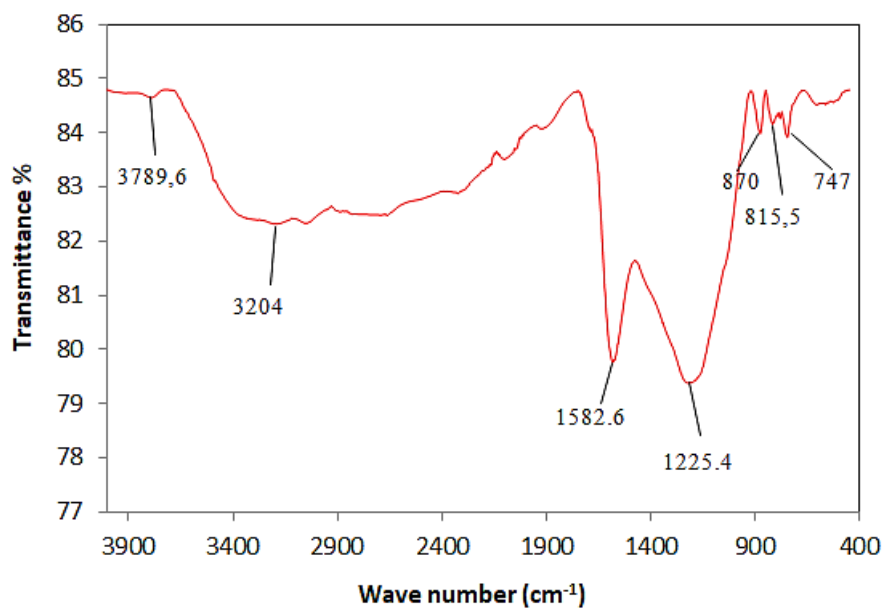


Fig. 4 FTIR spectrum of AC

In order to examine the surface morphology of AC, SEM-EDS analysis was performed, the images are given in Figure 5 and Figure 6.

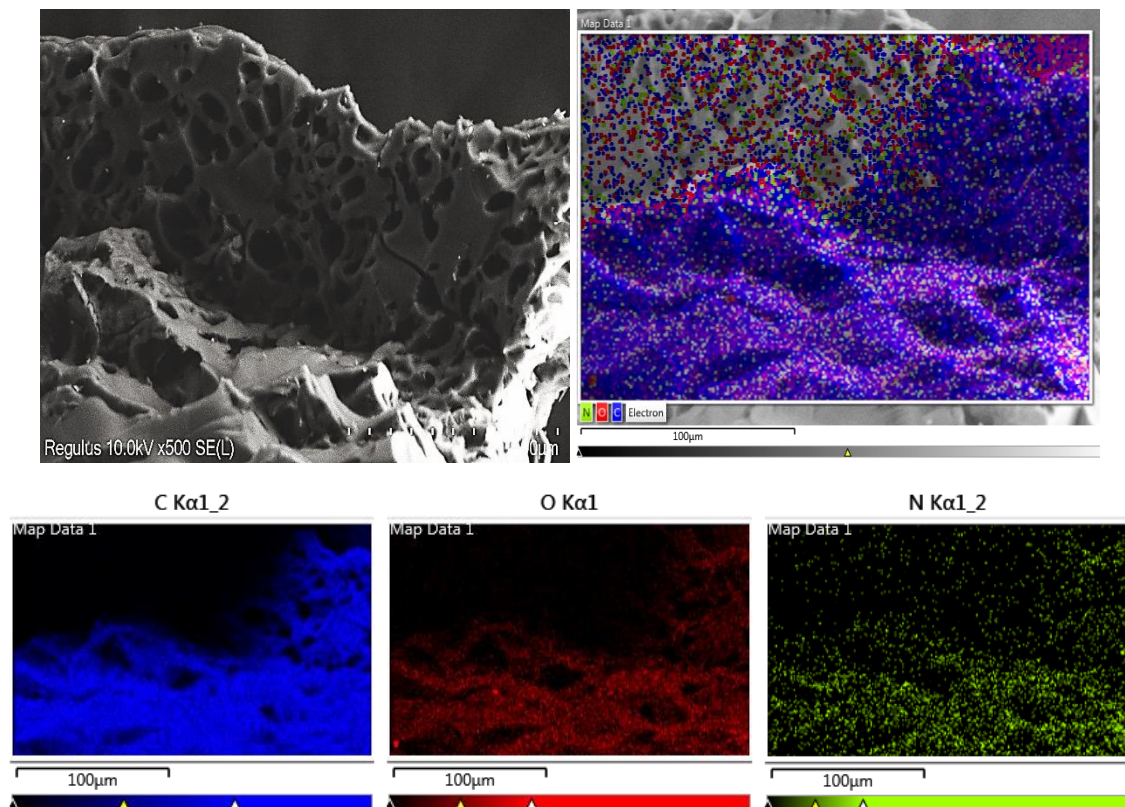


Fig. 5 SEM image and elemental mapping of AC

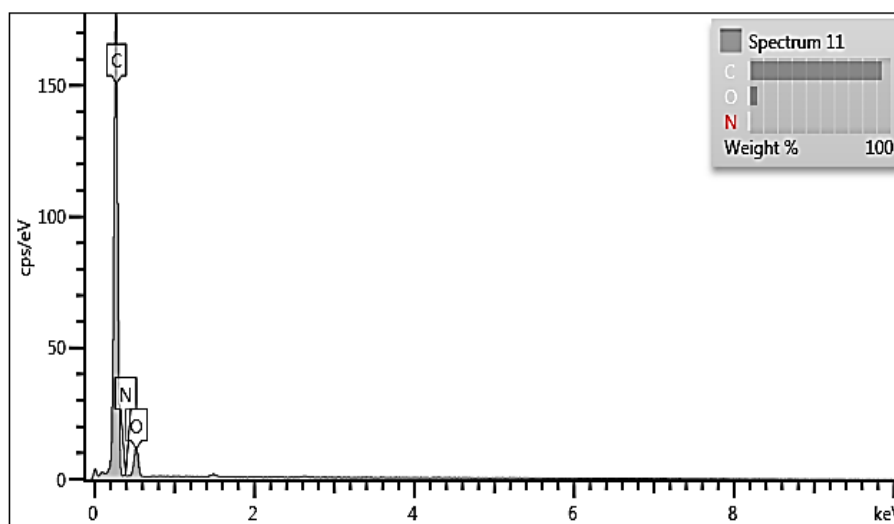


Fig. 6 EDS spectrum of AC

Figure 5 displays the porous structure of AC and the elemental distribution on the surface. In the image taken at 100  $\mu\text{m}$ , there was evidence that the pore structure was continuous inwards and that the pores were not connected to each other at the surface. The pore entrances on the surface are of different sizes and the surface is irregular.

When the EDS result of AC was examined, it was seen that AC contained 93.75% C, 0.47% N, 5.78% O. According to these results, it was determined that AC has high carbon content, micropore structure and a large surface area. Adsorbing capacity of carbon, which has more active sites, is also high, thanks to a large surface area

and micro-porous structure. In this respect, to remove DR from solution by adsorption, AC made from chestnut shells is an appropriate adsorbent.

### 3.2 Effect of pH

Experiments examining the pH effect on adsorption of DR were performed at 100 mg/L initial concentration of at 25 °C for 24 h. In the experiments, 0.1 g of AC was used and the pH ranges have been changed from 2.5 to 11.0. The results obtained are given in Figure 7.

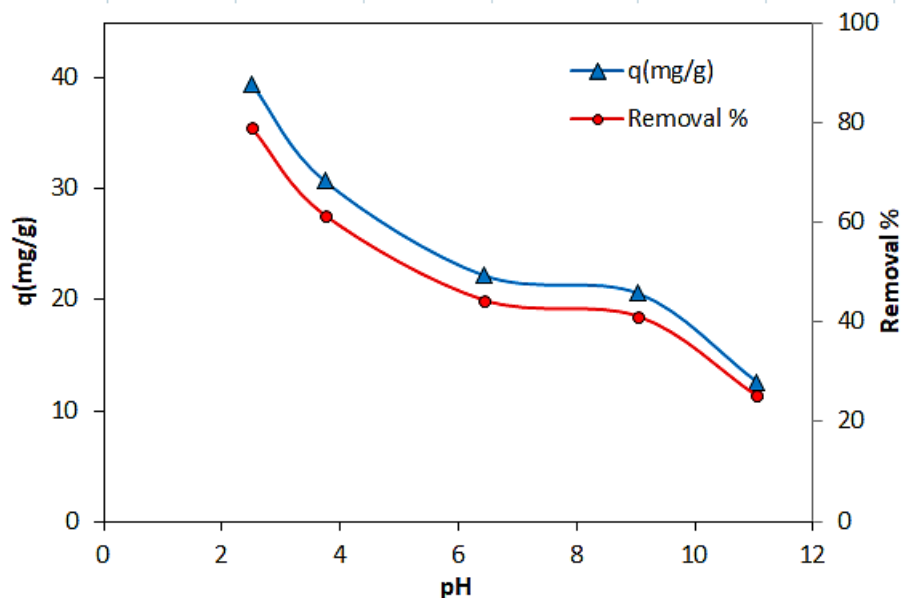


Fig. 7 pH's impact on DR adsorption

At pH 2.5, the highest amount of dye was removed (78.98%) under operating conditions and the  $q$  value was found to be 39,49 mg/g. When the results were examined, There was a finding that the dye removal and the  $q$  value decreased as the pH increased. At low pH values, positive ions predominate on the adsorbent surface due to  $H^+$  ions, and reactive dyes exist as negatively charged ions in aqueous media. There is an increase in the electrostatic attraction forces because of the opposite charges between the positively charged adsorbent surfaces and the negative dye ions. The increase in capability for adsorption at low pH level is thus explained by electrostatic attraction forces. In the next experimental studies to be carried out with DR, at 2.5 pH adjustment was made to the solution.

### 3.3 Effect of the adsorbent amount

Experiments were performed to investigate the impact of adsorbent dose at a concentration of 100 mg/L, at pH 2.5 and at 25°C for 24 h. The adsorbent dose was determined between 0.025 and 0.2 g. Obtained results are given in Figure 8.

At the end of 24 hours, 88% DR removal was accomplished by adding of 0.1 g AC. It was calculated that the removal % rised as the adsorbent dose rised. Approximately 96% removal was observed at the end of 24 h with 0.2 g of AC.

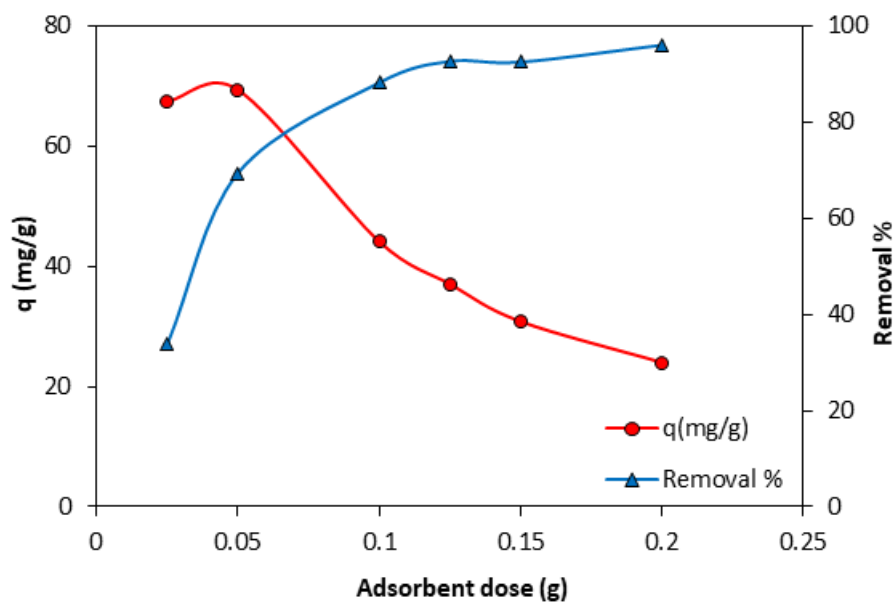


Fig. 8 Adsorbent dose's impact on DR adsorption

### 3.4 Adsorption Kinetics

To determine the equilibrium time, experiments were conducted at an initial concentration of 100 mg/L including 0.1 g AC at pH 2.5 and 25 °C. Samples were taken at the specified time intervals and the value of absorbance was read in the UV spectrophotometer. Figure 9 depicts the impact of contact time on DR adsorption.

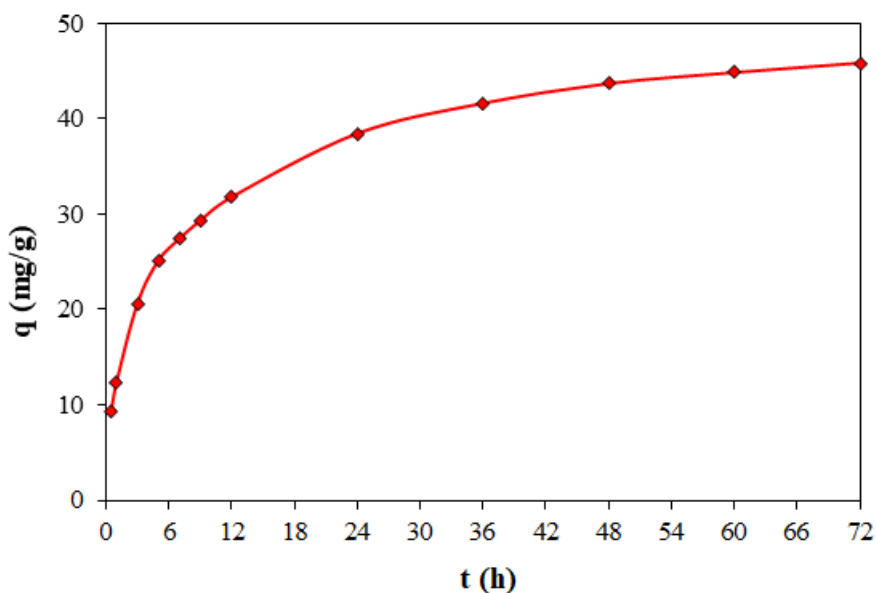


Fig. 9 Effect of contact time on DR adsorption

It is spotted that DR adsorption achieved equilibrium at approximately 72 h, but after 48 h, the removal % (87.4% - 91.7%) and the rate of increase of q values (43.7 - 45.9 mg/g) decreased. Consequently, it may be stated that the adsorption achieves equilibrium in 48 h. The pseudo 1st order, pseudo 2nd order and intra-particle diffusion models have been applied. The graphs are given in Figure 10, 11 and 12, respectively, and Table 2 displays the constants of the kinetic model.

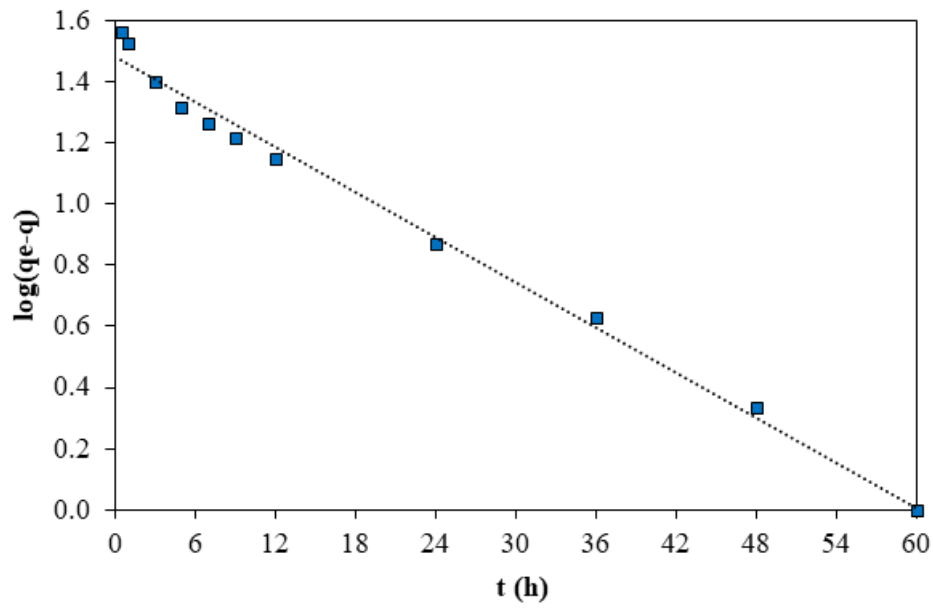


Fig. 10 Adsorption kinetics using a pseudo-first-order model

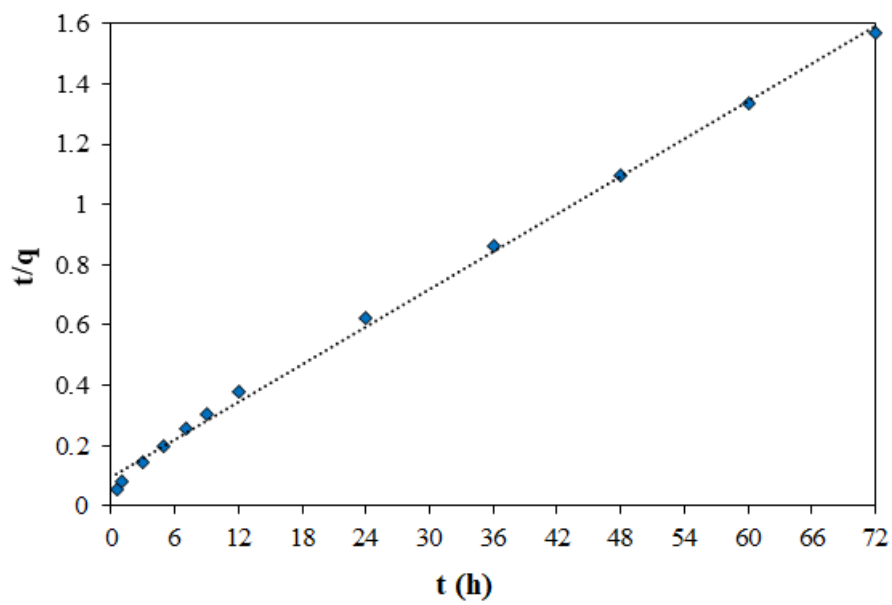


Fig. 11 Adsorption kinetics using a pseudo-second-order model



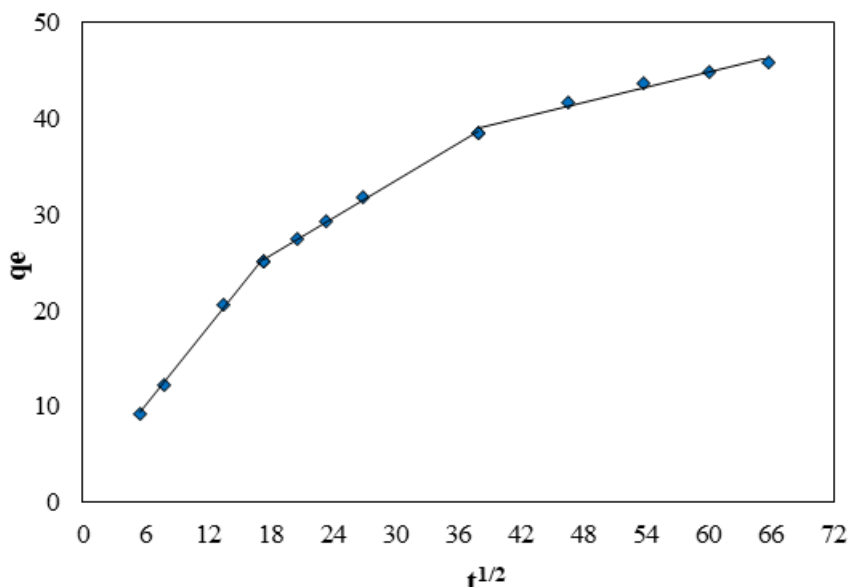


Fig. 12 Intra-particle diffusion model

Table 2. Kinetic constants for pseudo-1st-order, pseudo-2nd-order, and intra-particle diffusion

$q_e$ (mg/g) (experiment)	pseudo-1st-order			pseudo-2nd-order			intra-particle diffusion		
	$k_1$ ( $h^{-1}$ )	$q_e$ (mg/g)	$R^2$	$k_2$ (g/mg h)	$q_e$ (mg/g)	$R^2$	C	$k_i$ (mg/g $min^{1/2}$ )	$R^2$
							1.9018	1.358	0.997
45.849	0.0566	30.451	0.991	0.0046	47.846	0.997	14.245	0.642	0.998
							28.962	0.264	0.972

The pseudo 1st order Lagergren rate constant  $k_1 = 0.0566 h^{-1}$  and the pseudo 2nd order rate constant  $k_2 = 0.0046 g mg^{-1} h^{-1}$ . Both kinetic models were revealed to be appropriate for the adsorption of DR on AC. However, according to the correlation coefficients, it is seen that the adsorption kinetics is more appropriate for the pseudo 2nd order model. In addition, the  $q_e$  values found via experiments and the  $q_e$  values calculated from the model are very close to each other. In addition, the  $q_e$  values that found experimentally and the  $q_e$  that calculated from the model are very close. According to the intra-particle diffusion plot, three phases developed, these phases showed that adsorption proceeds by surface binding and intra-particle diffusion. As the dye concentration in the solution gradually decreased diffusion started to slow down. Examining the diffusion coefficients, we see that the coefficient of the last phase is the lowest. Kinetic results showed that the rate-limiting stage is the chemical adsorption. It has been determined that the DR dyes is attached to the surface of the AC and the adsorption also takes place in the pore by intra-particle diffusion.

### 3.5 Adsorption Thermodynamics

Experiments were performed at three different temperatures; 25, 35, and 45°C for 24 h to determine the effect of temperature. Experiments conducted at pH 2.5 with 100–500 mg/L initial concentrations and 0.1 g AC. Figure 13 presents the results.

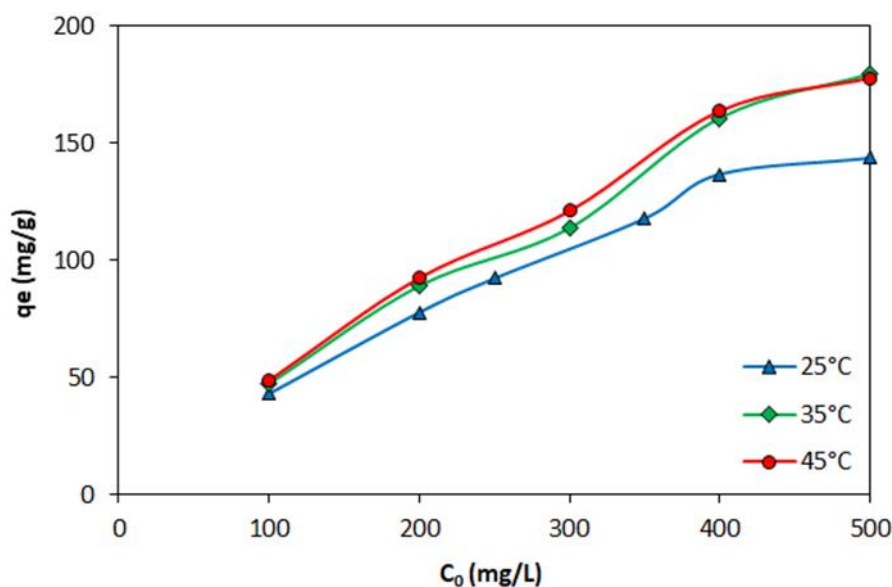


Fig. 13 The effect of temperature and initial concentration

With an increase in the dye's initial concentration, the removal % decreased. Additionally, the quantity of dye absorbed per unit of adsorbent increased. The highest removal percentage was 97.44% in 100 mg/L solution at 45 °C. When the effect of temperature was examined, there was a finding that as the temperature rised, the removal % rised in all initial concentrations. It can be said that as a result of increasing adsorption with increasing temperature, the process proceeds endothermically and chemical adsorption takes place.

Using the obtained data, the suitability of the process to Langmuir and Freundlich models was examined. Calculations of the adsorption of DR according to the Langmuir isotherm model and constants are given in Figure 14 and Table 3. The computation's findings related to the Freundlich isotherm model are shown in Figure 15 and Table 3.

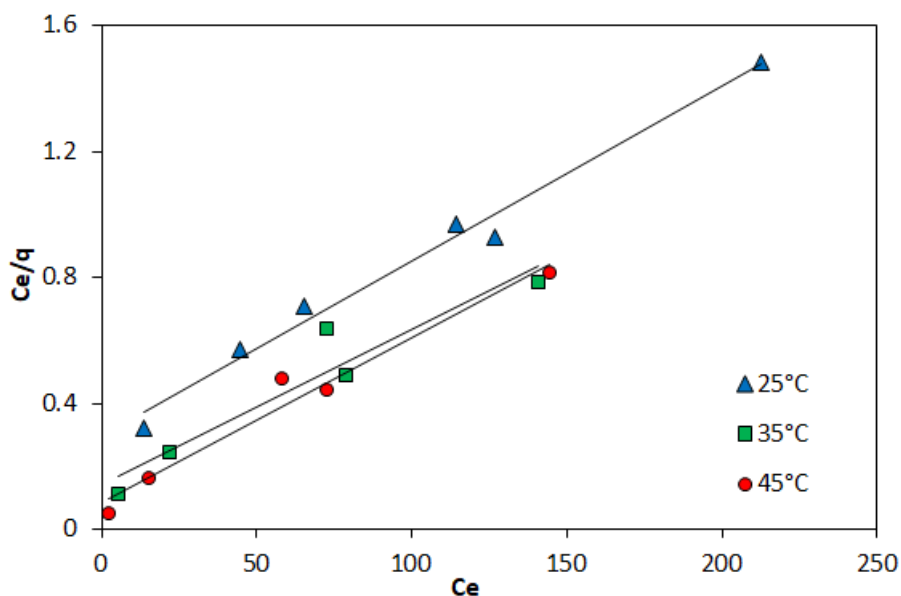


Fig. 14 Isotherms of Langmuir at various temperatures

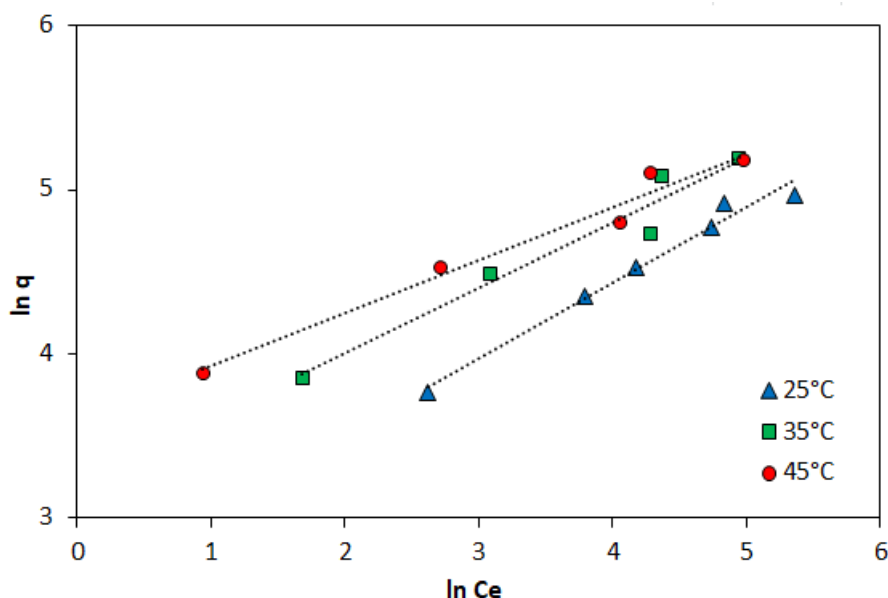


Fig. 15 Isotherms of Freundlich at various temperatures

Table 3. Constants of the Langmuir isotherm for DR adsorption

Temperature (°C)	Langmuir				Freundlich		
	Q <sub>0</sub> (mg/g)	b (L/mg)	R <sup>2</sup>	R <sub>L</sub>	K <sub>f</sub>	1/n	R <sup>2</sup>
25	178.57	0.0190	0.9836	0.1782	13.266	0.4614	0.9808
35	204.08	0.0351	0.9131	0.0128	24.594	0.3995	0.9529
45	192.31	0.0614	0.9674	0.0679	36.745	0.3321	0.9727

According to the results given in Table 3, although the correlation coefficients ( $R^2$ ) are high, it is seen that the DR solution studied at 25 °C fits the Freundlich isotherm model more. From this situation, it can be deduced that the adsorption occurs in a multi layer and heterogeneous on the adsorbent surface at 25 °C. The average of the calculated  $R_L$  values for all temperatures and all initial dye concentrations is shown in Table 3. Since these average  $R_L$  values are between 0 and 1, adsorption takes place spontaneously at every temperature.

Thermodynamic data obtained from DR adsorption are shown in Table 4. Positive values of  $\Delta H^\circ$  indicated that the process of adsorption is endothermic. A positive  $\Delta S^\circ$  value indicates the affinity of the dyestuff to the adsorbent. During chemical adsorption at the liquid-solid interface, the disorder increases and the positive  $\Delta S^\circ$  value is an indicator of this. The  $\Delta G^\circ$  value decreased with the increase in temperature. This indicates greater driving force at higher temperatures. This impact causes the adsorption capacity to rise as temperature rises.

Table 4. Thermodynamic parameters for the adsorption of DR onto AC

R <sup>2</sup>	$\Delta H$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$\Delta S$ (kJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\Delta G$ (kJ/mol K)		
			298 K	308 K	318 K
0.9958	71.332	0.255	-4.624	-7.172	-9.720

#### 4. Conclusion

DR removal from the aqueous solution was investigated by using AC derived from chestnut shell with  $ZnCl_2$  activation. For determining optimal adsorption conditions, experiments were performed at different temperature, AC amount, pH, contact time and concentration. Using 0.1 g AC at pH 2.5 and 45°C for an initial concentration of 100 mg/L, 97.4% removal of dye was achieved. Thermodynamic and kinetic constants for the adsorption of DR on AC were analyzed. Kinetic statistics demonstrate that its adsorption occurs in multiple steps. The step limiting the adsorption fits the kinetic model of pseudo-2nd order. The most suitable isotherm was determined as the Freundlich model. Thermodynamic data revealed that the adsorption of DR on AC was endothermic. 45.85 mg/g adsorption capacity was found. In this study, it was shown that AC can be produced from chestnut bark and can be used in DR adsorption. High surface area and microporous AC was found to be a suitable adsorbent for DR adsorption. In our future studies, the usage cycle will be determined by regeneration of the AC.

#### Declaration of interests

The authors declare that they are not aware of any competing interests.

#### References

1. Akbari, P. & Olfati, F. (2020). Preparing Activated Carbon from Chestnut Shell and Binding Polyacrylic Amidoxime to Its Surface to Remove Some Metals from Aqueous Solution. *Arc. Pharm. Pract.*, 1, 37.
2. Akkari, I., Graba, Z., Bezzi N., Kaci, M.M., Merzeg, F.A., Bait N., Ferhati, A., Dotto, G.L. & Benguerba, Y. (2023). Effective Removal of Cationic Dye on Activated Carbon Made from Cactus Fruit Peels: A Combined Experimental and Theoretical Study. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 30 (2), 3027–44.
3. Al Kausor, M., Gupta S.S., Bhattacharyya, K.G. & Chakraborty, D. (2022). Montmorillonite and Modified Montmorillonite as Adsorbents for Removal of Water Soluble Organic Dyes: A Review on Current Status of the Art. *Inorg. Chem. Commun.*, 143, 109686.
4. Altıntig, E., Onaran, M., Sari, A., Altundag, H. & Tuzen, M. (2018). Preparation, Characterization and Evaluation of Bio-Based Magnetic Activated Carbon for Effective Adsorption of Malachite Green from Aqueous Solution. *Inorg. Chem. Commun.*, 220, 313–21.
5. Arab, C., El Kurdi, R. & Patra, D. (2022). Zinc curcumin oxide nanoparticles for enhanced adsorption of Congo red: kinetics and adsorption isotherms study. *Mater. Today Chem.* 23, 100701.
6. Aragaw, T.A. & Bogale, F.M. (2021). Biomass-Based Adsorbents for Removal of Dyes From Wastewater: A Review. *Front. Environ. Sci.*, 9, 764958.
7. Bal, G. & Thakur, A. (2022). Distinct Approaches of Removal of Dyes from Wastewater: A Review. *Mater. Today: Proc.*, 50, 1575–79.
8. Bayantong, A.R.B., Shih Y.J., Dennis C.O., Abarca, R.R.M. Dong, C.D. & Luna, M.D.G. (2021). Adsorptive Removal of Dye in Wastewater by Metal Ferrite-Enabled Graphene Oxide Nanocomposites. *Chemosphere*, 274, 129518.
9. Bennani Karim, A., Mounir, B., Hachkar, M., Bakasse, M. & Yaacoubi, A. (2009). Removal of Basic Red 46 dye from aqueous solution by adsorption onto Moroccan clay. *J. Hazard. Mater.*, 168, 304-309.
10. Bergaoui, M., Nakhli, A., Benguerba, Y., Khalfaoui, M., Erto, A., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S. & Ernst, B. (2018). Novel Insights into the Adsorption Mechanism of Methylene Blue onto Organo-Bentonite: Adsorption Isotherms Modeling and Molecular Simulation. *J. Mol. Liq.*, 272, 697–707.
11. Beydaghdari, M., Saboor, F.H., Babapoor, A., Karve, V.V. & Asgari, M. (2022). Recent Advances in MOF-Based Adsorbents for Dye Removal from the Aquatic Environment. *Energies*, 15 (6), 2023.
12. Demiral, H., Baykul, E., Gezer, M.D., Erkoç, S., Engin, A. & Baykul, M.C. (2014). Preparation and Characterization of Activated Carbon from Chestnut Shell and Its Adsorption Characteristics for Lead. *Sep. Sci. Technol.*, 49 (17), 2711–20.
13. Demiral, H., Demiral, İ., Tümsük, F. & Karabacakoğlu, B. (2008). Adsorption of Chromium (VI) from Aqueous Solution by Activated Carbon Derived from Olive Bagasse and Applicability of Different Adsorption Models. *Chem. Eng. J.*, 144 (2), 188–96.
14. Dutta, S., Gupta, B., Srivastava, S.K. & Gupta, A.K. (2021). Recent Advances on the Removal of Dyes from Wastewater Using Various Adsorbents: A Critical Review. *Mater. Adv.*, 2 (14), 4497–4531.

15. Errais, E., Duplay, J., Elhabiri, M., Khodja, M., Ocampo, R., Baltenweck-Guyot, R. & Darragi, F. (2012). Anionic RR120 dye adsorption onto raw clay: Surface properties and adsorption mechanism. *Colloids Surf. A Physicochem.*, 403, 69-78.
16. Extross, A., Waknis, A., Tagad, C., Gedam, V.V. & Pathak, P.D. (2023) Adsorption of congo red using carbon from leaves and stem of water hyacinth: equilibrium, kinetics, thermodynamic studies', *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 20 (2) 1607–1644.
17. Foroutan, R., Peighambardoust, S.J., Peighambardoust, S.H., Pateiro, M. & Lorenzo, J.M. (2021). Adsorption of Crystal Violet Dye Using Activated Carbon of Lemon Wood and Activated Carbon/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanocomposite from Aqueous Solutions: A Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic Study. *Molecules*, 26 (8), 2241.
18. Hasani, S., Ardejani F.D. & Olya, M.E. (2017). Equilibrium and kinetic studies of azo dye (Basic Red 18) adsorption onto montmorillonite: Numerical simulation and laboratory experiments. *Korean J. Chem. Eng.* 34 (8.), 2265–2274.
19. Hesas, R. H., Arami-Niya, A., Wan Daud, W.M.A. & Sahu, J.N. (2013). Preparation and Characterization of Activated Carbon from Apple Waste by Microwave-Assisted Phosphoric Acid Activation: Application in Methylene Blue Adsorption. *BioResour.*, 8 (2), 2950–66.
20. Hidayat, E., Harada, H., Mitoma, Y., Yonemura, S., Halem, H.I.A. (2022). Rapid Removal of Acid Red 88 by Zeolite/Chitosan Hydrogel in Aqueous Solution. *Polymers*, 14, (5), 893.
21. Husien, Sh, El-taweel, R.M., Salim, A.L., Fahim, I.S., Said, L.A. & Radwan, A.G. (2022). Review of Activated Carbon Adsorbent Material for Textile Dyes Removal: Preparation, and Modelling. *Curr. Res. Green Sustain. Chem.*, 5, 100325.
22. Isik, Z., Saleh, M., M'barek, I., Yabalak, E., Dizge, N. & Deepanraj, B. (2022). Investigation of the adsorption performance of cationic and anionic dyes using hydrochared waste human hair. *Biomass Conv. Bioref., Mar.*, doi: 10.1007/s13399-022-02582-2.
23. Jawad, A.H., Abdulhameed, A.S., Wilson, L.D., Syed-Hassan, S.S.A., AlOthman, Z.A. & Khan, M.R. (2021). High Surface Area and Mesoporous Activated Carbon from KOH-Activated Dragon Fruit Peels for Methylene Blue Dye Adsorption: Optimization and Mechanism Study. *Chin. J. Chem. Eng.*, 32, 281–90.
24. Kang Y., Zhang, B., Miao, J., Yu, Y., Fu, J., Jia, B. & Li, L. (2023) Superparamagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Al-Based Metal-Organic Framework Nanocomposites with High-Performance Removal of Azo Dyes. SSRN Journal doi: 10.2139/ssrn.4359337.
25. Karapınar, H.S., (2022). Adsorption Performance of Activated Carbon Synthesis by ZnCl<sub>2</sub>, KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> with Different Activation Temperatures from Mixed Fruit Seeds. *Environ. Technol.*, 43 (9), 1417–35.
26. Kavitha, D & Namasivayam, C. (2007). Experimental and Kinetic Studies on Methylene Blue Adsorption by Coir Pith Carbon. *Bioresour. Technol.*, 98 (1), 14–21.
27. Kazemipour, M., Ansari, M., Tajrobehkar, S., Majdzadeh, M. & Kermani, H.R. (2008). Removal of Lead, Cadmium, Zinc, and Copper from Industrial Wastewater by Carbon Developed from Walnut, Hazelnut, Almond, Pistachio Shell, and Apricot Stone. *J. Hazard. Mater.*, 150 (2), 322–27.
28. Khan, T.A., Nouman, Md., Dua, D., Khan, S.A. & Alharthi, S.S. (2022). Adsorptive Scavenging of Cationic Dyes from Aquatic Phase by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Activated Indian Jujube (*Ziziphus Mauritiana*) Seeds Based Activated Carbon: Isotherm, Kinetics, and Thermodynamic Study. *J. Saudi Chem. Soc.*, 26 (2), 101417.
29. Kong, L. & Zhang, M. (2022). Adsorption of Methylene Blue on Chestnut Shell-Based Activated Carbon: Calculation of Thermodynamic Parameters for Solid–Liquid Interface Adsorption. *Catalysts*, 12 (8), 813.
30. Lafi, R., Montasser, I. & Hafiane, A. (2019). Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solutions by Prepared Activated Carbon with Oxygen-Containing Functional Groups and Its Regeneration. *Adsorp. Sci. Technol.*, 37 (1–2), 160–81.
31. Li, C.J., Zhang, Y.J., Chen, H., He, P.Y. & Meng, Q. (2022). Development of Porous and Reusable Geopolymer Adsorbents for Dye Wastewater Treatment. *Journal of Cleaner Production* 348, 131278.
32. Lian, L., Guo, L., Guo, C. (2009). Adsorption of Congo red from aqueous solution onnto Ca-bentonite. *J.Hazard. Mater.*, 161, 126-131.
33. Liu, T., Li, Y., Du, Q., Sun, J., Jiao, Y., Yang, G., Wang, Z., Xia, Y., Zhang W., Wang K., Zhu H. & Wu D. (2012). Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solution by Graphene. *Colloids Surf. B.*, 90, 197–203.
34. Lu, F., Dong, A., Ding, G., Xu, K., Li, J. & You, L. (2019). Magnetic porous polymer composite for high performance adsorption of acid red 18 based on melamine resin and chitosan. *J. Mol. Liq.*, 294, 111515.
35. Maximova, A. & Koumanova, B. (2008). Equilibrium and kinetics study of adsorption of basic dyes onto perfil from aqueous solutions. *J. Univ. Chem. Technol. Metall.*, 43 (1). 101–108.
36. Özçimen, D. & Meriçboyu, A.E. (2009). Removal of Copper from Aqueous Solutions by Adsorption onto Chestnut Shell and Grapeseed Activated Carbons. *J. Hazard. Mater.*, 168 (2–3), 1118–25.



37. **Prahas, D., Kartika, Y., Indraswati, N. & Ismadji, S. (2008).** Activated Carbon from Jackfruit Peel Waste by  $H_3PO_4$  Chemical Activation: Pore Structure and Surface Chemistry Characterization. *Chem. Eng. J.*, 140 (1–3), 32–42.
38. **Rivera, M., Pazos, M. & Sanromán, M.A., (2011).** Development of an Electrochemical Cell for the Removal of Reactive Black 5. *Desalination*, 274 (1–3), 39–43.
39. **Saini, B., Dey, A. (2022).** Synthesis and Characterization of Copolymer Adsorbent for Crystal Violet Dye Removal from Water. *Materials Today: Proceedings* 61, 342–50.
40. **Saratale, R.G., Sivapathan, S.S., Jung, W.J., Kim, H.Y., Saratale, G.D. & Kim, D.S. (2016).** Preparation of activated carbons from peach stone by  $H_4P_2O_7$  activation and its application for the removal of Acid Red 18 and dye containing wastewater. *J. Environ. Sci. Health A.*, 51 (2), 164–177.
41. **Selengil, U. & Yıldız, D. (2022).** Investigation of the Methylene Blue Adsorption onto Waste Perlite. *Desalin. Water Treat.*, 262, 235–47.
42. **Şencan, A., Karaboyacı, M. & Kılıç, M. (2015).** Determination of Lead (II) Sorption Capacity of Hazelnut Shell and Activated Carbon Obtained from Hazelnut Shell Activated with  $ZnCl_2$ . *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22 (5), 3238–48.
43. **Sh. Gohr, M., Abd-Elhamid, A.I., El-Shanshory, A.A., & Soliman, H.M.A. (2022).** Adsorption of Cationic Dyes onto Chemically Modified Activated Carbon: Kinetics and Thermodynamic Study. *J. Mol. Liq.*, 346, 118227.
44. **Shafeyan, M. S., Daud, W.M.A.W., Houshmand, A. & Arami-Niya, A. (2011).** Ammonia Modification of Activated Carbon to Enhance Carbon Dioxide Adsorption: Effect of Pre-Oxidation. *App. Surf. Sci.*, 257 (9), 3936–42.
45. **Shakoor, Sadia, & Abu Nasar. (2016).** Removal of Methylene Blue Dye from Artificially Contaminated Water Using Citrus Limetta Peel Waste as a Very Low Cost Adsorbent. *J. Taiwan Inst. Chem.*, 66, 154–63.
46. **Sharma, A. & Bhattacharyya, K.G. (2005).** Adsorption of Chromium (VI) on Azadirachta Indica (Neem) Leaf Powder. *Adsorption* 10 (4), 327–38.
47. **Sun, Y., Li, H., Li, G., Gao, B., Yue, Q. & Li, X. (2016).** Characterization and Ciprofloxacin Adsorption Properties of Activated Carbons Prepared from Biomass Wastes by  $H_3PO_4$  Activation. *Biores. Technol.*, 217, 239–44.
48. **Tumsek, F. (2019).** Investigation of deep red adsorption using bentonite clay modified with a surfactant. *Fresenius Environ. Bull.*, 28 (11), 7816-7822.
49. **Xue, H., Gao, X., Seliem, M.K., Mobarak, M., Dong, R., Wang, X., Fu, K., Li, Q. & Li, Z. (2023).** Efficient Adsorption of Anionic Azo Dyes on Porous Heterostructured MXene/Biomass Activated Carbon Composites: Experiments, Characterization, and Theoretical Analysis via Advanced Statistical Physics Models. *Chem. Eng. J.*, 451, 138735.
50. **Yorgun, S., Karakehya, N. & Yıldız, D. (2017).** Adsorption of Methylene Blue onto Activated Carbon Obtained from  $ZnCl_2$ . *Desalin. Water Treat.*, 58, 274–84.
51. **Yuh-Shan, H. (2004).** Citation Review of Lagergren Kinetic Rate Equation on Adsorption Reactions. *Scientometrics*, 59 (1), 171–77.
52. **Zhang, M., Liu, X., Li, B., Li, W. Tan, Z., Wang, Q., Zhang, L. (2021).** Removal of Toxic Dyes from Aqueous Solutions by Adsorption onto a Novel Activated Carbon Prepared from Chestnut Shell. *Desalin. Water Treat.*, 222, 246–58.

# YEŞİL ARAYÜZLERİN İŞLEVLERİNE İLİŞKİN BİR ARAŞTIRMA, BARTIN ÖRNEĞİ

Fulden Gizli<sup>1\*</sup>, Hatice Selma Çelikyay<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

## Öz

Varoluşunun başlangıcında doğa ile bütünleşen bir yaşam süren insanoğlu, bugün yaşadığı kentsel ortamlarda hızla artan nüfus sebebiyle çevresel sorunlarla karşılaşmaktadır. Günümüzde kentleşmenin artması beraberinde 'çevresel taşıma kapasitesi', 'kentlerin yaşanabilirliği' gibi kavramları gündeme getirmektedir. İnsanoğlunun doğadan giderek uzaklaşması ve betonlaşan yapı çevre içerisinde kalması yaşam kalitelerini giderek azaltmaktadır. Günlük yaşantısının %80'nini iç mekânlarda geçiren kent insanı, kalan zamanlarını da doğadan uzak yapay çevrelerde geçirmektedir. Dolayısıyla ekoloji, kent ekolojisi, bina ekolojisi ve insan ekolojisi kavramları daha da önem kazanmaktadır. Doğa ile daha çok bağlantı kurmaya olanak sağlayan yeşil alanlar yapı kütlelerinin arasındaki insanlar ve kentler için iyileştirici özellikler barındırmaktadır. İç mekân ile dış mekânların bağlantı noktalarının tanımladığı geçişim alanlarındaki yeşil arayüzler ise doğayı kente taşımakta ve yapay çevre içerisindeki insanoğlunun doğa ile buluşabilmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışma bahsedilen kavramlar çerçevesinde geçişim alanlarında uygulanan yeşil arayüzleri ve bu arayüzlerin işlevlerini incelemektedir. Araştırma alanı Bartın ilinde bulunan kafe ve restoranlar olarak belirlenmiş ve nitel bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma sonuçları literatür taramasından elde edilen bilgiler ışığında yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yeşil arayüzler, kent ekolojisi, Bartın

## A RESEARCH ON THE FUNCTIONS OF GREEN INTERFACES, BARTIN EXAMPLE

### Extended Abstract

Human beings, who lived a life integrated with nature at the beginning of their existence, today face environmental problems due to the rapidly increasing population in the urban environments they live in. Today, increasing urbanization brings concepts such as 'environmental carrying capacity' and 'livability of cities' to the agenda. The fact that human beings are increasingly moving away from nature and staying in a concrete built environment gradually reduces their quality of life. City people spend 80% of their daily lives indoors and spend the rest of their time in artificial environments far from nature. Therefore, the concepts of ecology, urban ecology, building ecology and human ecology are gaining more importance. Green areas, which allow greater connection with nature, have healing properties for people and cities among the building masses. Green interfaces in the transition areas defined by the connection points of indoor and outdoor spaces bring nature to the city and help human beings in the artificial environment to meet nature. This study examines green interfaces applied in transition areas and the functions of these interfaces within the framework of the mentioned concepts. The research area was determined as cafes and restaurants in Bartın province and a qualitative study was conducted. Qualitative research is a method that is inquisitive, interpretive and tries to understand the form of the problem. It is supported by data collection techniques such as observation, interviews, document and discourse analysis. Qualitative research analyzes problems with an interpretive approach in line with the data they collect. Since qualitative research can be very comprehensive, it is necessary to determine the study group and narrow down the samples. In this study, the samples were narrowed down to cafes and restaurants in Bartın province. The method used to identify, analyze and report the themes in this study is the "thematic analysis" method. Thematic analysis allows organizing data sets at the smallest size and describing them in depth. In the light of information from the literature, themes were previously created and questions were compiled under these themes. These headings have been determined as aesthetic, ecological, economic and spatial functions. In addition, a promotional brochure was given to the operators before the meeting to make the concepts easier to understand. The interviews were recorded with the permission of the operators, and the voice recordings were subsequently converted into written documents and examined. The relationships of the cafes and restaurants examined in the study with their immediate surroundings were also taken into consideration. In this way, a spatial analysis table was created to compare the analyzes with each other and approach them from a holistic perspective. The answers were simplified by using the coding method

**\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Fulden GİZLİ; Bartın University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Landscape Architecture, 74100, Bartın-Turkey.

Geliş (Received) : 14.11.2023

Kabul (Accepted) : 30.12.2023

Basım (Published) : 31.12.2023

in order to make the analyzes of the interviews visible, to ensure that the data created semantic integrity and to reach conclusions. While conducting the analyzes in this study, each question was grouped and examined under its own thematic title. In this qualitative study, which was conducted to investigate the functional expectations of cafe and restaurant operators from green interfaces, the data obtained after interviews with cafe and restaurant operators who have included green interface designs in their transition areas were interpreted together with the data from the literature and inferences were made.

**Key Words:** Green interfaces, urban ecology, Bartın

## 1. Giriş

Mekân kavramı zamanla gelişerek farklı türleri ve alt başlıkları ile büyük boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle literatürde mekâna ilişkin pek çok tanım bulunmaktadır. Genel tanımıyla incelendiğinde mekân, insan eylemleri üzerine inşa edilen ve düzenlenen ortamdır (Çelikiyay & Gizli, 2019). Mimarlıktaki kullanımları dikkate alınarak, “iç” kavramı, binanın mekânsal düzenini, binayı oluşturan bölümlerin programlanmasını tanımlarken, “dış” kavramı ise binanın hacimsel düzenini, cephesini ve binayı çevreleyen manzarayı tanımlamada kullanılmaktadır (Benian, 2010). Bu bağlamda mekân sınıflandırmaları incelenirken iç mekân ve dış mekân ilişkisi hem kamusal hem de özel alan niteliği ile gündeme gelmektedir. İç- dış birlikteliği, hem düşünsel hem de fiziksel olarak barındırdığı karşıtlık ve saydamlık yaratma etkisi ile geçiş bir arayüzdür (Öztürk & İsmailoğlu, 2017). Artan kentli nüfusu, kentsel yapılanma ve teknolojik gelişimler sebebiyle doğal yeşil alanlar zarar görmekte, kent içi parklar ve bahçelerin sayısı gün geçtikçe azalmaktadır. Bu soruna karşı geliştirilen yeşil arayüzler, kentlinin yeşil alanlara daha çok yer verme arayışına, doğa ile bütünleşme isteğine, doğal kaynakları korumaya çözüm niteliğindedir.

Bu çalışmanın konusu, iç mekân ve dış mekân birlikteliğinden oluşan geçişim alanlarında kullanılan yeşil arayüzleri, kent, bina ve insan ekolojisi üzerindeki işlevleri üzerinden incelemektir. Daha nitelikli araştırmalar yapabilmek için çalışma Bartın ilinde, geçişim alanlarına sahip ve bu alanlarda yeşil arayüz tasarımları bulunduran kafe ve restoranlar olarak öznelendirilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, kafe ve restoran işletmecilerinin yeşil arayüz tasarımlarının işlevsel beklentilerini ortaya koymaktır. Bu çalışmada yöntem nitel araştırma olarak belirlenmiştir. Literatürden gelen bilgiler ışığında oluşturulan soru grubu ile kafe ve restoran işletmecileri ile görüşmeler yapılmıştır. İzinli ve kayıt altına alınarak yapılan bu görüşmeler yazılı doküman haline getirilip incelenmiştir. Görüşmeler sonucu elde edilen çıkarımlar görüşme bulguları kısmında literatürden elde edilen bilgiler ile entegre edilerek yorumlanmıştır.

## 2. Yeşil Arayüzler ve Kent, Bina, İnsan Ekolojisi ile İlişkisi

Yeşil arayüzler uygulanış biçimleri açısından literatürde farklı isimler altında gruplandırılmaktadır. Örneğin dikey bahçe, duvarların yüzeyini bitki kompozisyonları ile kaplayan ve tüm biçimleri ifade eden tamamlayıcı bir terimdir. Büyüyen bitkilerin, binaların veya bina cephelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Mir (2011) çalışmasında, dikey bahçeleri doğal bitki duvarları, yeşil cepheler ve yaşayan duvar sistemleri olarak üç grupta incelemiştir. Doğada kendiliğinden var olan, dik açığa sahip yüzeylerde gelişen bitkisel alanlar doğal bitki duvarlarını oluşturmaktadır. Bu tür duvarlar coğrafi olarak kendiliğinden oluşabileceği gibi, yapısal yüzeylerde bulunan boşluklardan, taş duvarlardan, terk edilmiş yapı cephelerinden de oluşabilmektedir. Yeşil cepheler ise, özel olarak tasarlanmış, tırmanıcı veya yer örtücü bitkilerin kullanıldığı dikey bahçelerdir. Toprağa ya da saksıya dikilerek oluşturulabilirler. Yaşayan duvar sistemleri ise önceden düzenlenmiş dikey modüllerle yapısal olarak bir duvara sabitlenmiş bitkilerden oluşmaktadır. Bu sistemler modüler sistemler, keçe yüzeyli sistemler, mineral yün tabanlı sistemler ve köpük tabanlı sistemler olabilmektedir (Mir, 2011; Kanter, 2014). Bunlara ek olarak, dikey bahçeler yeşil iskele, yeşil alan duvarları, biyo-yüzeyli duvarlar gibi farklı isim ve gruplandırmalarla da literatürde yer almaktadır (Tzortzi & Sophocleous, 2018).

Dünyada kentleşmenin artması beraberinde “çevresel taşıma kapasitesi”, “kentlerin yaşanabilirliği” kavramlarını gündeme getirmektedir. Bu sebeple mevcut peyzaj kapasitesinin korunması, doğal gelişime müdahalenin sınırlı olması, doğal görünümün korunması, mevcut habitatların korunması ve onarımı gibi ekolojik değeri olan yaklaşımlar tercih edilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda yeşil arayüzlerin kent ekolojisine katkı sağladığı hususlar bulunmaktadır. Örneğin yeşil arayüz tasarımları biyo-çeşitliliğe katkı sağlayarak yaşam alanı oluşturmada, kuşlar, kelebekler, arılar gibi canlıların su, yiyecek, korunma veya barınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Yapılan bir çalışmada bitkilerin gürültüyü 5 dB. kadar azaltabilen ses emici özelliklerinin olduğu kanıtlanmış olup işyerlerinde ve evlerde 40 dB.’e kadar dış gürültüyü ve titreşimleri azalttığı bilinmektedir (Örnek, 2011). Kentsel

ısı adası, kentleşmeden dolayı kentsel sıcaklığın çevredeki kırsal alanlardan daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Gün boyunca binaların cepheleri ve sert yüzeyler güneş ışıklarını emerek geceleri kentsel ortamın sıcaklığında artışa neden olmaktadır (Taş, 2019). Yeşil arayüz tasarımları ise buharlaşma yüzeyini artırarak ve güneş ışınlarını yansıtarak kentsel ısı adası etkisini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır (Ekren, 2017).

Yeşil arayüzler, binanın cephe yüzeyindeki elemanların düzenlemelerini (yüzeydeki malzeme, renk, doku, stiller, doluluk-boşluklar ve açıklıkların boyutları, oranları, detaylar) ve kullanım sırasında cepheye eklenen elemanları (güneşlikler, saçak, tente, çiçeklik, bitki tasarımları vb.) kapsamakta ve binanın sıcaklık yalıtımının gerektirebileceği enerji tüketimini de azaltmaktadır. (Özsel, 2009). Yeşil arayüzler, yağmur suyunun drenajını yavaşlatarak oluşabilecek taşkınları önleyebilmektedir. Yeşil arayüzlerde Uygulanan bitkiler yağmur sularını filtrelemekte ve ekolojik döngüye katkı sağlamaktadır (Taş, 2019). Dolayısıyla yeşil arayüzler yağmur suyu yönetiminde rol oynamaktadır. Hızlı kentleşme ve kırsal alanların azaltılması tarım alanlarını olumsuz etkilemektedir. Günümüzde yeni gıda üretim teknikleri artan nüfus ve kentleşme nedeniyle denenmektedir. Bunlardan biri, yatay alanların azalması nedeniyle ortaya çıkan dikey tarım uygulamalarıdır. Bu sayede taze ve güvenli yiyecek üretilebilmekte ve sürdürülebilir kentsel modele /kentsel ekolojiye katkı sağlayabilmektedir. Aynı zamanda kentsel tarım; su verimliliğini ve organik geri dönüşümü geliştirmektedir. Binalarda enerji verimliliğini artırmakta ve mikro iklimi geliştirmektedir (Başdoğan & Çiğ, 2016).

İnsan ekolojisi, insan ve çevresi arasındaki her türlü etkileşime olarak tanımlanmaktadır. İnsan ve doğal çevre arasındaki enerji ve madde alışverişi, canlılığını sürdürebilmesi açısından önem arz etmektedir. Çağımızda teknoloji, doğal çevre, nüfus artış hızı gibi etmenler bu enerji üretiminin miktarını etkilemekte, çok miktarda enerji üretimi ve dağıtım sırasında toprak, su, hava gibi doğal çevreyi hızla kirleten sanayi artıkları canlıların biyolojik yaşam koşullarını zedelemektedir (Maltaş, 2015). Yeşil arayüz tasarımları da bu bağlamda iyileştirici etki barındırmaktadır. Örneğin, iç mekânlarda kullanılan yeşil arayüz tasarımları hava kalitesinin biyo-filtrasyonunu düzenleyebilmektedir. Psikolojik açıdan yoğunlaşma üzerinde olumlu etkileri yanında, öksürüğü ve boğaz kuruluğunu da azaltmaktadır (Sezen vd. 2017). Kent ölçeğinde değerlendirildiğinde ise kent içerisindeki gazlardan, trafikten kaynaklı hava kirliliğinden, ince toz partiküllerinin yarattığı konforsuzluktan, insanlar için rekreasyon alanlarının yok olmasından ve UV ışınlarının yarattığı zararlardan korunmak için yeşil arayüz tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

### 3. Yeşil Arayüzlerin İşlevleri

Yeşil arayüzlerin işlevleri estetik, ekolojik, ekonomik ve mekânsal olmak üzere dört başlık altında araştırılmıştır.

#### 3.1. Estetik İşlevler

Duygusal alanın güzel olan kısmını inceleyen “estetik” kelimesi, duyu, algı, duyu ile algılamak gibi anlamlar içermektedir. Yeşil arayüz uygulamalarında ise estetik, mekân kullanıcılarının görsel olarak etkilenebilmesi için kullanılan bitkilerin kusursuz güzelliğe göre bilinçli kullanılmasını kapsamaktadır. Bitkilerin boyutları, ölçekleri, biçimleri, renkleri, dokuları ve birbirleriyle olan uyumları estetik değerleri etkilemektedir (Kalay, 2019). Sıkıcı avlular, ruhsuz ve tekdüze mekânlar modern yapı kabuklarına düşey düzlemde uygulanan yeşil yüzler ile hayat bulmaktadır. Bir başka deyişle, mekânlara sanatsal katkıda bulunmaktadır (Elinç & Elinç, 2010). Bireylerin betonlaşan yapı çevreye karşın doğaya olan özlemleri yeşil arayüz uygulamalarıyla giderilebilmektedir. Bu uygulamalar sırasında hedeflenen etkiye göre bitkisel seçimler yapılmaktadır. Odunsu bitkilerin dekoratif öge olarak algılanmalarında öncelikle sahip oldukları dendrolojik özellikler yani bitkinin gövde, gövde kabuğu, dallar, yapraklar, çiçekler gibi biçim, hacim, renk ve doku özelliklerine önem verilmektedir. Bu öğelerin çeşitli tasarım ilkeleriyle oluşturdukları kombinasyonlar sonucunda, kalıcı ya da yıl içerisinde değişkenlik gösteren görsel etkiler elde edilir. Özellikle, kullanılan bitkinin çiçeklenmiş veya meyve verdiği dönemler tasarımların çekiciliğini artırmaktadır (Erduran & Kabaş, 2010). Bu bağlamda bünyesinde geçişim alanlarına sahip kafe ve restoranların mekânsal tasarımlarını oluştururken bitkilere de yer vermesi, tasarımları daha değerli kılmaktadır.

#### 3.2 Ekolojik İşlevler

Yeşil arayüzlerin ekosisteme pek çok katkısının olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir. Kentler özellikle hava kirliliğinin yüksek olduğu alanlardır. Havadaki kirli gazlar kentsel alanlarda çevredeki kırsal alanlara göre 5-25 kat, toz yoğunlaşması ve partiküllerde de 10 kat daha fazladır (Yazıcı, 2017). Yeşil arayüzler ise bu kirliliği ortadan kaldırmada önemli rol oynamaktadır. Bitkiler rüzgâr hızını kesmelerinin yanında, kök veya yaprak bölgelerinde oluşturdukları nemli ortamlar aracılığıyla toz partiküllerini de tutmaktadır (Kanter, 2014). Ek olarak,

bitki yoğunluğunun kent içerisinde artması oksijen üretimi ve karbondioksit tüketimini çoğaltarak kent atmosferinin yenilenmesinde yardımcı olmaktadır. Örneğin herhangi bir sokaktaki 50 konutun tek cephesinin bitkilendirilmesi bu sokaktaki 50 ağacın oksijen üretimi ile karbondioksit tüketimini karşılayabilmektedir (Erdoğan & Khabbazi, 2013). Ayrıca, kentsel ortamlarda güneş ışınlarını kontrol ederek hava sıcaklığını da dengelemektedir. Kent ortamında geceleri ağaç altındaki sıcaklık açık alanlara oranla ortalama 5-8 derece daha yüksektir (Atay, 1988). Uygulama ilkelerine dikkat edilerek oluşturulmuş gürültü perdeleri ise kentsel gürültüyü 10 dB. kadar azalttığı bilimsel araştırmalarla saptanmıştır (Fang & Ling, 2003).

Özetle, yeşil arayüz tasarımlarının temiz hava kalitesini artırması, serinletme etkisinin olması, gürültünün ve kirli havanın emilmesine yardımcı olması, günümüzde artan sera etkisini azaltması, yağmur suyu yönetimi, nem dengelenmesindeki rolü, rüzgâr hızını dengelemesi gibi katkıları bulunmaktadır. Ancak yeşil arayüzlerin ekolojik faydaları uzun vadede kendini göstermektedir. Yeşil arayüzlerin uzun süre başarılı olmasını sağlamak için uygun bitki bileşenlerini bir araya getirmek gerekir (Örnek, 2011). Yeşil arayüzlerin uygulanacağı bölgenin iklim özellikleri, doğal bitki örtüsü, benzer türlerin birlikte kullanılması, uygulama alanının konumu, güneş ışınlarının geliş biçimi, bitkilerin gelişim gücüne göre seçilmesi, uygun uygulama yöntemlerinin kullanılması arayüz tasarımlarının ekolojik işlevlerine etkin katkılar sağlamaktadır.

### 3.3 Ekonomik İşlevler

Birçok tasarımcı ya da yatırımcı yeşil arayüz sistemlerinin inşaat esnasında maliyetli olduğunu düşünmektedir. Fakat kazandırdığı görsel yarar ve etkileri, tüm standart tasarım malzemelerinin üstünde olmaktadır (Aygencel, 2011). Uzun vadede bakıldığında havalandırma masrafları, enerji tasarrufu gibi durumlarda ekonomik faydaları bulunmaktadır. Yazın soğutma maliyetlerini azaltırken kışın da ısınma maliyetlerini azaltmaktadır. Herdem yeşil bitki türleri ile gerçekleştirilen yeşil arayüz tasarımları ısı izolasyonu görevini üstlenmektedir. Bitki örtüsü ile yapı dış yüzeyi arasında kalan hava katmanı konveksiyon yoluyla kaybolan sıcaklık miktarını azaltmaktadır. Bu sebepten, kentsel alanlardaki bitkilerle yapılan gölgelendirme, diğer yüzeylere nispeten ısınma miktarını büyük ölçüde azaltmaktadır. Ancak yalıtımdaki başarı, seçilen bitkinin türüne, yaşına, gelişimine, yön durumuna ve bakım koşullarına göre değişmektedir (Erdoğan & Khabbazi, 2013). Ek olarak, dikey düzlemde uygulanan bitkiler UV ışınlarının dozunu azalttığı için, plastik yüzeylerde, malzemelerde, kaplamalarda ve boyalarda aşınmaların önüne geçer ve böylece şeklinin uzun süre değişim göstermeden aynı kalmasını sağlayarak genel sarfiyatı düşürmektedir (Sercan & Küçükali, 2020). Kafe ve restoranlarda uygulanan yeşil arayüzler müşteriler için keyifli vakit geçirecekleri ortamlar hazırladıklarından işverenlere ekonomik getiri olarak geri dönüş sağlamaktadır. Uyguladıkları yeşil arayüzlerde dikey tarım yapmayı tercih eden kafe ve restoranlar ise kendi sebze ve meyvelerini üreterek bireysel ekonomilerine katkı sağlama imkânı bulmaktadır.

### 3.4 Mekânsal İşlevler

Ülkemizde solucan gübresi kullanımı ile konu hakkında yapılan bilimsel çalışmalar giderek artmasına rağmen henüz istenilen düzeyde değildir. Çalışmalar arttıkça tecrübe kazanımları da artacağından üretimde yol gösterici olacaktır. Bilimsel araştırmalar olumlu sonuç verdiğimiz solucan gübresine olan güven de artacaktır. İçerisinde bulunduğumuz global salgın, doğal afetler gibi ön göremediğimiz olumsuz durumlar için tohum gen bankaları olsa da bitkisel üretim üzerinde durulması gereken önemli bir meseledir. Mümkün olduğunca doğaya zarar vermeden, ilaçlama yapmayarak en yüksek fayda amaçlanmalıdır. Çevreye bir zararı olmayan solucan gübresi, hem toprağa kazanımları hem de atıkların değerlendirilmesini sağlaması yönüyle bitkisel üretimde kullanım alanı daha da arttırılmalıdır. Çiftçilere solucan gübresi kullanımı ve başka organik alternatifler hakkında eğitimlerin katkısı da faydalı olacaktır.

## 4. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın ana materyalini geçişim mekânlarında tasarlanmış yeşil arayüzler oluşturmaktadır. Bartın ili, Merkez İlçesinde, bünyesindeki geçişim alanında yeşil arayüz tasarımına sahip olan 7 adet kafe ve restoran seçilmiştir. Seçilen kafe ve restoranların işletmecileri araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Araştırma yapılan kafe ve restoranların konumlarına ilişkin uydu görüntüleri ile iç ve dış mekân görünümlerine ilişkin fotoğraflar sunulmaktadır. Bu çalışma nitel olarak yürütülmüştür. Nitel çalışma probleme ilişkin sorgulayıcı, yorumlayıcı ve problemin biçimini anlama uğraşında olan bir yöntemdir. Tarihsel olarak nitel araştırmaya, doğal olguları belirleme uğraşından hareketle 'doğal araştırma', probleme ilişkin araştırmacının öznel görüşlerini barındırması sebebiyle 'yorumlayıcı araştırma' ve bir konuyu belirli bir sosyal ortam içinde derinlemesine incelemesinden dolayı 'alan araştırması' gibi farklı isimler verilmiştir (Baltacı, 2017). Nitel araştırma probleme ilişkin sorgulayıcı,



yorumlayıcı ve problemin biçimini anlama uğraşında olan bir yöntemdir. Gözlem, görüşmeler, doküman ve söylev analizleri yapmak gibi veri toplama teknikleri ile desteklenmektedir. Nitel araştırmalar, problemleri topladıkları veriler doğrultusunda yorumlayıcı bir yaklaşımla analiz etmektedir.

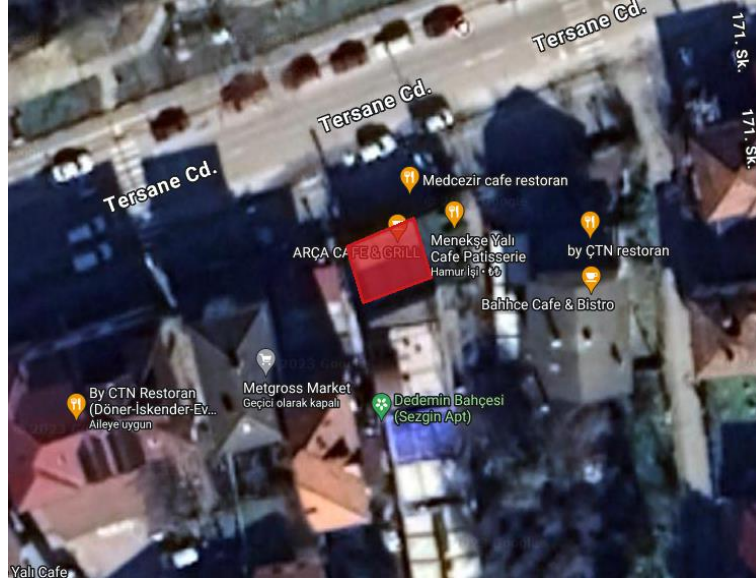
Nitel bir çalışma yürütmek için öncelikle araştırma probleminin belirlenmiş olması gerekmektedir. Problem bir olgu ya da olay olabilmektedir. Problem genellikle genel ifadeler biçiminde olduğundan konuya ilişkin literatür taramaları ile problem sınırlandırılmaktadır. Literatür taraması hem konuyu sınırlandırırken hem de araştırmacıya sonraki aşamalar için zemin hazırlamaktadır. Böylelikle kuramsal çerçeve de oluşmaya başlamaktadır. Literatür taramaları gerçekleşirken araştırma soruları da kuramsal çerçeve ile beraber oluşmaya başlamaktadır. Sonrasında ise, nitel araştırma çok geniş kapsamlı olabileceğinden çalışma grubunu belirlemek, örneklemeleri daraltmak gerekmektedir. Bu çalışmada örneklemeler Bartın ilinde bulunan kafe ve restoranlar olarak daraltılmıştır.

Bu çalışmadaki temaları belirleme, analiz etme ve raporlama için kullanılan yöntem olan “tematik analiz” yöntemidir. Tematik analiz veri setlerini en küçük boyutlarda düzenlemeyi ve derinlemesine betimlemeyi sağlar (Braun & Clarke, 2019). Literatürden gelen bilgiler ışığında temalar önceden oluşturulmuş, sorular bu temaların altlarında derlenmiştir. Özetle, bünyesindeki geçişim alanlarında yeşil arayüz tasarımlarına yer vermiş kafe ve restoran işletmecileri için dört tematik başlık altında soru seti hazırlanmıştır. Ayrıca, görüşme öncesinde verilmek üzere kavramların kolay anlaşılması için kafe ve restoran işletmecilerine tanıtım broşürü verilmiştir. Görüşmeler izinli olarak kayıt altına alınmış, sonrasında alınan ses kayıtları yazılı dokümanlar haline getirip incelenmiştir. Çalışmada incelenen kafe ve restoranların yakın çevresiyle ilişkileri de göz önünde bulundurulmuştur. Bu sebeple analizler yapılırken birbirleriyle karşılaştırıp bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşmak için mekânsal analiz tablosu oluşturulmuştur (Tablo 1).

Yapılan görüşmelerin analizlerini bütünleştirmek ve sonuca ulaştırmak için kodlama yöntemi kullanılarak cevaplar sadeleştirilmiştir. Kodlar, verinin araştırmacının ilgisini çeken bir özelliğini tanımlar ve “incelenen olguya ilişkin anlamlı sayılabilecek bilgiye ya da ham verilerin en temel parçasına” karşılık gelmektedir (Boyatzis, 1998). Kodlamada veriler, belirli işaretçiler kullanılarak görünür hale getirilir. Bunun yanında kodlama, verilerin belli bir anlam bütünlüğünü yakalamasını sağlar, kodlama ile veriler daha kolay bir şekilde kavramsallaştırılabilir (Keller, 1995). Bu çalışmada da analizler yapılırken her soru kendi tematik başlığı altında gruplandırılarak incelenmiştir.

#### 4.1 Arça Kafe

Arça Kafe, Bartın kent merkezinin Bartın Çayı kıyısında ‘Yalı Mevkii’ ismi ile anılan Tersane Caddesi üzerinde yer almaktadır (Şekil 1), (URL-1, 2023). Tersane Caddesi hem araç hem de yaya yoğunluğuna sahip bir caddedir. Cadde boyunca uzanan Bartın Çayı kenarındaki rekreasyon alanında yürüyüş yolları, oyun alanları, oturma üniteleri bulunmaktadır. Yolun diğer tarafında ise kafeler, restoranlar ve ticari mekânlar bulunmaktadır. Arça Kafe’nin sağ yanında ticari mekân, sol yanında ise başka bir kafe bulunmaktadır. Ancak sol yanındaki kafe tamamen cam ile perdelenmiş olduğundan geçişim alanı barındırmaktadır. Cadde boyunca sıralanmış kafeler, restoranlar ve ticari mekânların arka tarafında konut alanları bulunmaktadır. Arça Kafe dış mekânında, kaldırımdan kafeye geçiş alanında bitki kasaları içine yerleştirilmiş bitkisel öğeler bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Arça Kafe'nin konumu (URL-1, 2023)

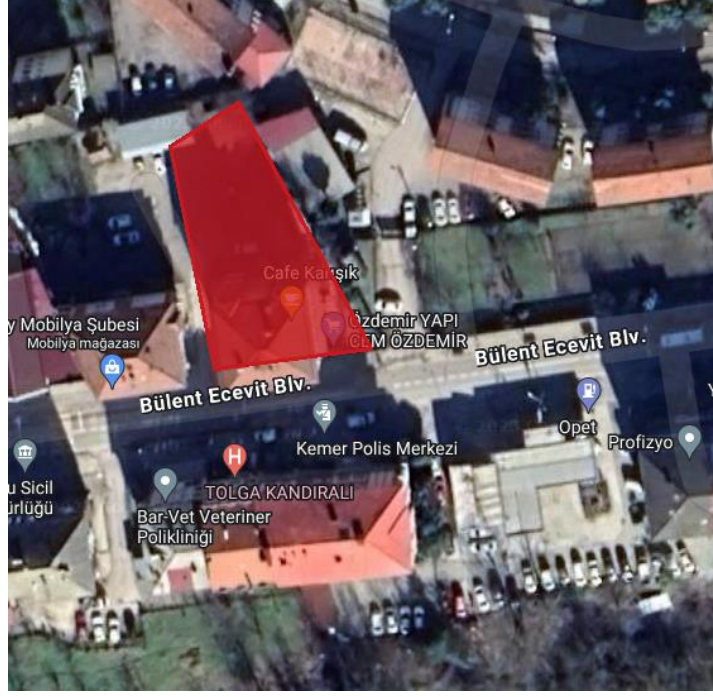


Şekil 2. Arça Kafe dış mekân ve iç mekânına ilişkin görüntüler

#### 4.2. Kafe Karışık

Kafe Karışık Bartın kent merkezinde Kemerköprü Mahallesi, Bülent Ecevit Bulvarı üzerinde yer almaktadır (Şekil 3), (URL-2, 2023). Kentin merkez dışı alanlarını merkeze bağlayan ve yoğun araç trafiğinin olduğu bulvar boyunca karşılıklı ticari mekânlar, marketler, sağlık klinikleri, kafeler, askeri alan ve polis merkezi bulunmaktadır. Bülent Ecevit Bulvarında araç yoğunluğu kadar yaya yoğunluğu da mevcuttur. Kafe Karışık'ın sağ yanında askeri lojman bölgesi, sol yanında ise market bulunmaktadır. Kafe Karışık'ın sol arkasında kendine ait otoparkı ve bu otoparktan kafenin dış mekânına geçiş bulunmaktadır. Kamusal alandan kafe alanına geçişim alanlarında bitkilendirme tasarım ve uygulamaları görülmektedir (Şekil 4, Şekil 5).





Şekil 3. Kafe Karışık'ın konumu (URL-2, 2023)



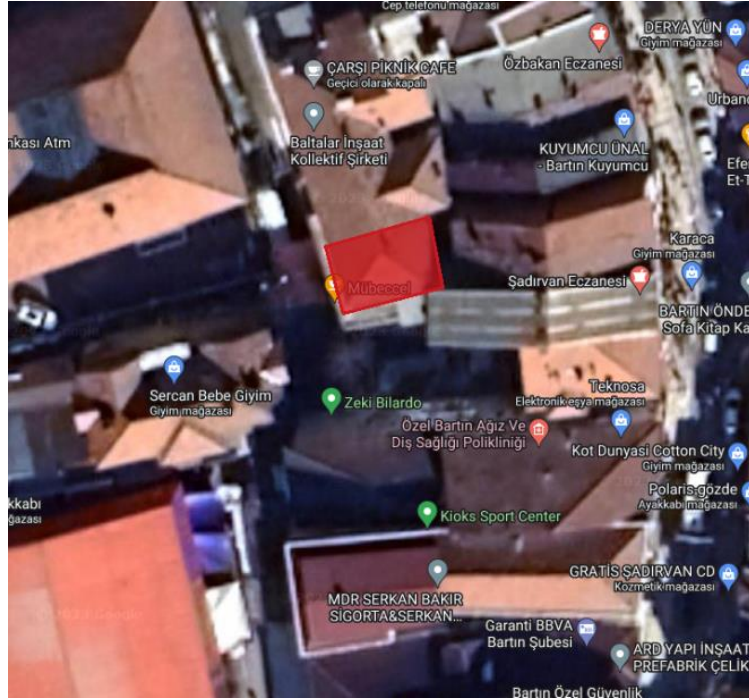
Şekil 4. Kafe Karışık'a ilişkin bulvardan giriş ve dış mekân görünümleri



Şekil 5. Kafe Karışık dış mekân görünümleri

### 4.3 Mübeccel Kafe

Mübeccel Kafe, Bartın kent merkezinde Davut Fırıncıoğlu Caddesi ile Şadırvan Caddesi arasında kalan bölgede konumlanmaktadır (Şekil 6, (URL-3, 2023). Araç geçişine kapalı bu alanlarda çok yoğun bir yaya trafiği mevcuttur. Mübeccel Kafenin önündeki yaya yolu, kent için önem arz eden iki ana caddenin birleşim aksını oluşturduğundan geçişim için kullanılmaktadır. Karşısında bulunan bina ticari iş hanı, sağ yanı boş bir alan, sol yanı ise ticari mekân olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kentin doğal ürünlerinin satıldığı yerel pazar yerlerinin çok yakınında bulunmaktadır. Mübeccel Kafe'nin giriş alanlarında yeşil arayüzler ve bitkilendirme tasarımları yer almaktadır (Şekil 7).



Şekil 6. Mübeccel Kafe'nin konumu (URL-3, 2023)



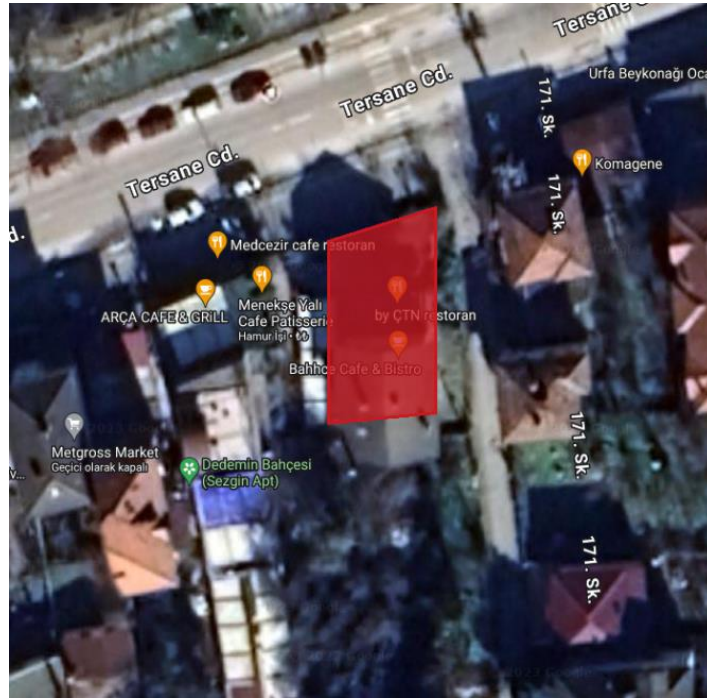
Şekil 7. Mübeccel Kafe'nin giriş alanı, geçişim alanı ve yaya yoluna ilişkin görüntüler



#### 4.4 Bahhce Kafe

Bahhce Kafe, Bartın kent merkezinin Bartın Çayı kıyısında ‘Yalı Mevkii’ ismi ile anılan Tersane Caddesi üzerinde yer almaktadır (Şekil 8), (URL-4, 2023). Tersane Caddesi hem araç hem de yaya yoğunluğuna sahip bir caddedir. Cadde boyunca uzanan ırmağın paralelinde yürüyüş yolları, oyun alanları, oturma üniteleri bulunmaktadır. Yolun diğer tarafında ise Bahhce Kafe gibi sıralanmış kafeler ve ticari mekânlar bulunmaktadır. Bahhce Kafe’nin sağ yanında bir başka kafe, sol yanında ise arka sokaklara bağlanan bir cadde bulunmaktadır. Kafeler ve ticari mekânların sıralı olduğu bu caddenin arka kısmında ve devamında ise konutlar bulunmaktadır.

Bahhce Kafe’nin giriş kısmındaki kaldırımdan kafe alanına geçişte ve kafe dış mekânının yan taraflarında yeşil arayüzler ve bitkilendirme tasarımları yer almaktadır (Şekil 9, Şekil 10).

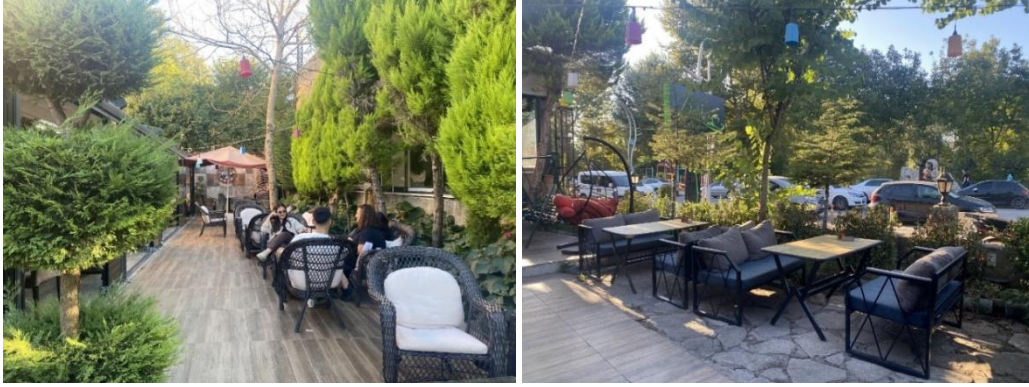


Şekil 8. Bahhce Kafe’nin konumu (URL-4, 2023)



Şekil 9. Bahhce Kafe girişi ve dış mekân görünüşleri

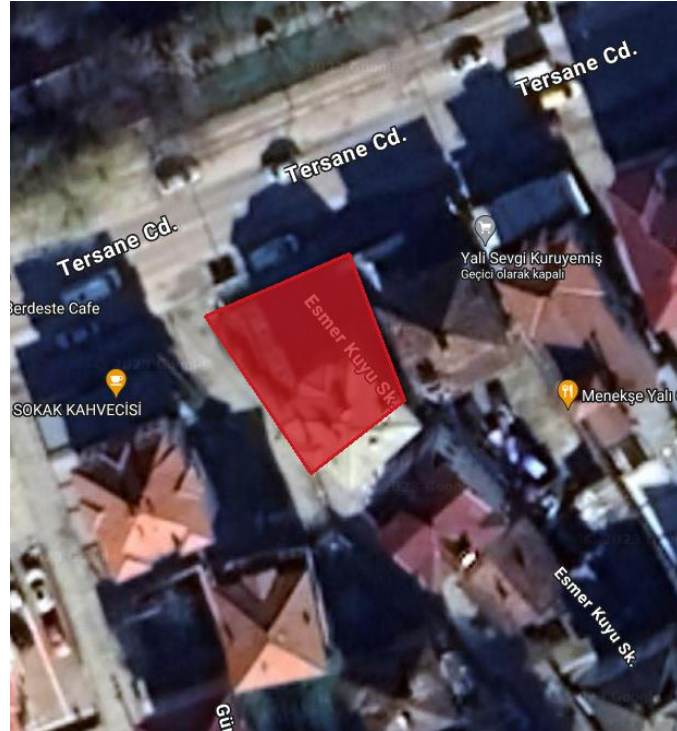




Şekil 10. Bahhce Kafe dış mekân görünümü

#### 4.5 Vakana Garden Kafe

Vakana Garden Kafe, Bartın kent merkezinin Bartın Çayı kıyısında ‘Yalı Mevkii’ ismi ile anılan Tersane Caddesi üzerinde yer almaktadır (Şekil 11), (URL-5, 2023). Tersane Caddesi hem araç hem de yaya yoğunluğuna sahip bir caddedir. Cadde boyunca Vakana Garden Kafe gibi sıralanmış kafeler ve ticari mekânlar bulunmaktadır. Vakana Garden Kafe’nin sağ yanında arka sokaklara bağlanan bir ara yol, ara yolun diğer tarafında başka bir kafe bulunmaktadır. Vakana Garden Kafe’nin sol yanında ise konut binası mevcuttur. Bu bina kafe ile bitişik yapı düzeninde olduğundan, cephe yeşil arayüz duvarı ile kaplanmıştır. Kafeler ve ticari mekânların sıralı olduğu bu caddenin arka kısmında konutlar bulunmaktadır. Kafenin dış mekânı ile kamusal alan sınırında yeşil arayüzler ve bitkilendirme tasarımları yer almaktadır (Şekil 12, Şekil 13).



Şekil 11. Vakana Garden Kafe’nin konumu (URL-5, 2023)



Şekil 12. Vakana Garden Kafe girişi ve dış mekân görünümü

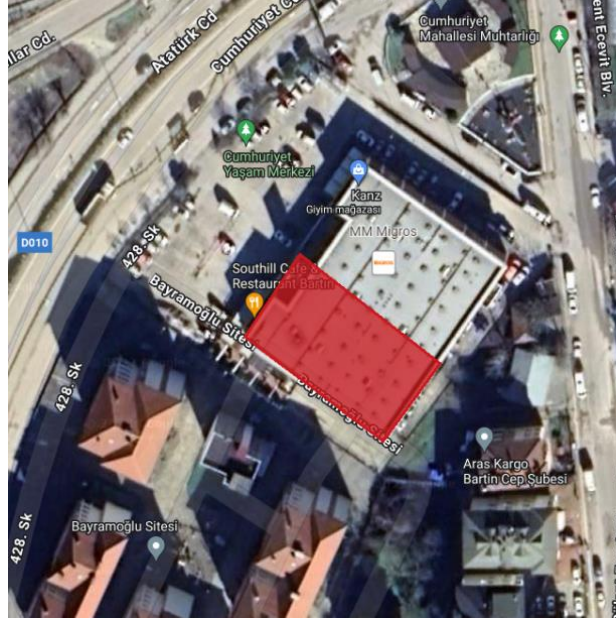


Şekil 13. Vakana Garden Kafe dış mekân görünümü

#### 4.6 Southill Kafe&Restoran

Southill Kafe& Restoran, Bartın kent merkezi dışında çevre yolunu merkeze bağlayan Cumhuriyet Caddesi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 14), (URL-6, 2023). Ana yol üzerinden girişi bulunmadığından, yan yoldan kafenin önündeki geniş otoparka bağlanan giriş kullanılmaktadır. Kafenin sağ yanında konut sitesi bulunmakta, sol yanında ise kentin en büyük marketi niteliğindeki ticari mekân bulunmaktadır. Bu ticari mekân ile ortak kullanılan otopark kafenin ön tarafındaki giriş cephesinde bulunmaktadır. Kafenin ve yanındaki bitişik ticari mekânın çevre binalar ile yakın ilişkisi bulunmamaktadır. Ön kısımda herhangi bir yaya yolu bulunmamaktadır. Bu sebepten yaya yoğunluğu yanındaki ticari mekânın kullanıcıları tarafından oluşmaktadır. Southill Kafe& Restoran'ın geçişim alanında yeşil arayüzler yer almaktadır. Giriş kısmı ile iç bahçesinde bitkilendirme tasarımları yapılmıştır (Şekil 15, Şekil 16).





Şekil 14. Southhill Kafe& Restoran'ın konumu (URL-6, 2023)



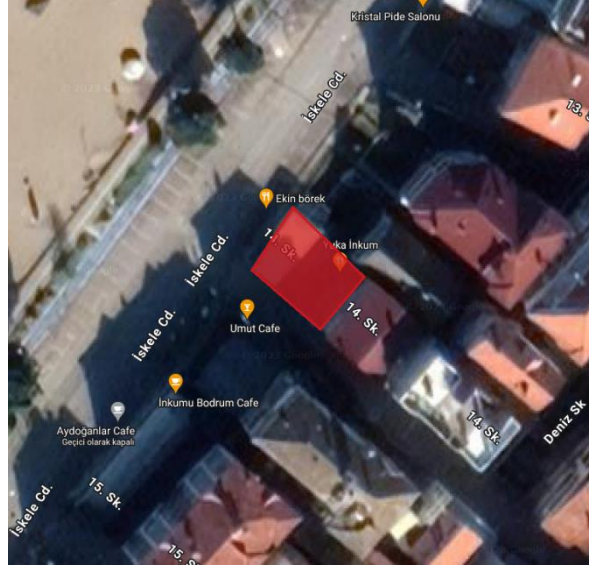
Şekil 15. Southhill Kafe&Restoran girişi ve geçişim alanına ilişkin görüntüler



Şekil 16. Southhill Kafe& Restoran dış mekân ve yeşil arayüz görüntüleri

#### 4.7 Yuka Kafe&Bar

Yuka Kafe&Bar, Bartın ilinden 20 dk. uzaklıkta Karadeniz kıyısında bulunan tatil beldesi İnkumu'nda yer almaktadır (Şekil 17), (URL-7, 2023). Hem yaya hem de araç trafiği bulunduğu İskele Caddesi üzerindedir (Şekil 18). Cadde boyunca sıralanmış konutların bazılarının giriş katları ticari mekânlar olarak kullanılmaktadır. Yuka Kafe&Bar da bunlardan biridir. Sağ yan cephesinde arkadaki konut alanlarına geçişi sağlayan ara yol, yolun hemen diğer yanında ise başka bir kafe bulunmaktadır. Yuka Kafe&Bar'ın sol yanında ve arkasında konutlar mevcuttur. Dış mekânında bitkilendirme tasarımları, iç mekânında yeşil arayüzler bulunmaktadır (Şekil 18, Şekil 19, Şekil 20).



Şekil 17. Yuka Kafe&Bar'ın konumu (URL-7, 2023)

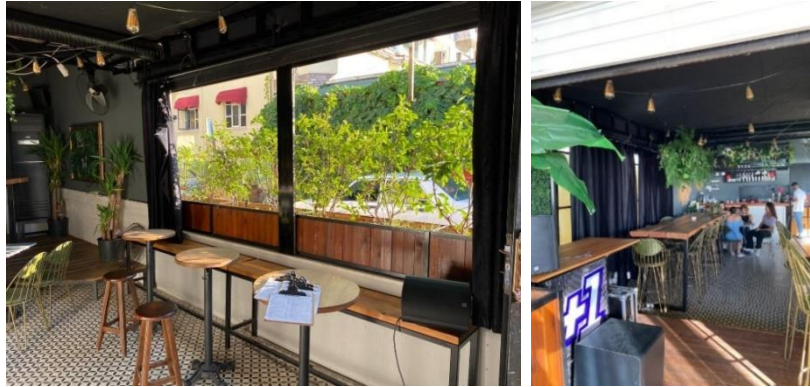


Şekil 18. Yuka Kafe&Bar'ın dış mekân görüntüleri





Şekil 19. Yuka Kafe&amp;Bar'ın iç mekân görünümü



Şekil 20. Yuka Kafe&amp;Bar'ın iç mekân görünümü

Aşağıda araştırma yapılan kafe ve restoranların yaya yolu, araç yolu erişimlerini ve gürültü durumlarını gösteren mekânsal analiz tablosu yer almaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada yer alan kafe ve restoranlara ilişkin mekânsal analiz tablosu

MEKÂN İSİMLERİ	Ön cephede yaya yolu	Ön cephede araç yolu	Sağ yan cephede yaya yolu	Sağ yan cephede araç yolu	Sol yan cephede yaya yolu	Sol yan cephede araç yolu	Çevresel yaya yoğunluğu	Çevresel araç yoğunluğu	Çevresel gürültü yoğunluğu
ARÇA KAFE	x	x					x	x	x
KAFE KARIŞIK	x	x		x			x	x	x
MÜBECCEL KAFE	x				x		x		x
BAHHCE KAFE	x	x	x		x	x	x	x	x
VAKANA GARDEN KAFE	x	x			x	x	x	x	x
SOUTHILL KAFE		x						x	x
YUKA KAFE	x	x	x	x			x	x	x



## 5. Görüşme Bulguları

Bu çalışma Bartın ilindeki 7 farklı kafe ve restoran incelenerek ve işletmecileri ile görüşme yapılarak tamamlanmıştır. Demografik bilgilerine göre, görüşme yapılanlar 35 yaş üzeri erkek işletmecilerden oluşmaktadır. Eğitim durumları ise lise ve üniversite mezunları olmak üzere gruplandırılabilir.

### 5.1 Estetik İşlevlere İlişkin Bulgular

Geçişim alanlarında bulunan yeşil arayüz tasarımlarının estetik işlevleri görüşmeler doğrultusunda incelendiğinde elde edilen kodların literatür araştırmaları sonucunda elde edilen veriler ile büyük ölçüde örtüştüğü saptanmaktadır. Örneğin güzellik algısı sorulduğunda kafe ve restoran işletmecilerinin tümü kendi bakış açıları doğrultusunda “güzel” tasarlanmış mekânlar elde etmek için yeşil arayüz tasarımlarından faydalanmıştır sonucuna varılmaktadır. Yapılan görüşmeler sonucunda, işletmeciler güzellik algısını günümüzün betonlaşmış yapılarından uzaklaşıp doğaya ait gibi görünen mekânlar olarak tanımlanmaktadır. Estetik değerler üzerine düşünüldüğünde her biri kendi mekânı için vurgu, hareketlilik, sınırlandırma gibi mekânsal tasarımı etkileyen durumlarda yeşil arayüz tasarımlarından faydalanıp estetik işlevler elde etmeyi planlamıştır. Renklerin, doku farklılıklarının, boyutların mekânlarında yarattıkları etkiler bilinçli olarak kurgulanmıştır. Örneğin yeşil arayüz tasarımlarının yıl içindeki çiçeklenmesi ve bu çiçeklenmenin yarattığı etkinin kafe ve restoran sahipleri tarafından estetik bir işleve sahip olduğu vurgulanmaktadır. Diğer bir örnek ise, sarmaşık ile oluşturulabilecek bir güneş kırıcı sistemin, hazır satın alınabilen diğer tasarım öğelerine tercih edilmiş olduğu bildirilmektedir. Tercih sebebi ise güzel, doğal bir mekân oluşturma niyeti olduğu belirtilmektedir (Tablo.2).

**Tablo 2.** Estetik işleve ilişkin görüşme sonuçları kodlama tablosu

MEKÂN İSİMLERİ	SORU 1	SORU 2	SORU 3
	Yeşil arayüz tasarımlarının mekânınızdaki güzellik algısını tamamladığını düşünüyor musunuz?	Yeşil arayüz tasarımlarındaki renk, boyut, form, doku gibi öğeler mekânınızın tasarımını etkiliyor mu?	Yeşil arayüz tasarımlarının yıl içerisindeki değişimi mekânınıza farklılık, hareketlilik veya vurgu katıyor mu?
ARÇA KAFE	Kod 1. Doğal hayat özlemi Kod 2. Rahatlatıcı hissiyat	Kod 1. Tamamlayıcı eleman Kod 2. Sıcak ortam	Kod 1. Güzel koku Kod 2. Yer değiştirme
KAFE KARIŞIK	Kod 1. İnsan doğası Kod 2. Betonlaşma karşıtı	Kod 1. Tasarıma hareket katma	Kod 1. Hareketlilik katma Kod 2. Farklılık katma
MÜBECCEL KAFE	Kod 1. Kaçış mekânı Kod 2. Betonlaşma karşıtı	Kod 1. Bütünlüğü tasarım Kod 2. Alana yönelik seçimler	Kod 1. Yaprak dökümlerinden yararlanma
BAHÇE KAFE	Kod 1. Bahçe hissiyatı	Kod 1. Güneş kırıcı eleman Kod 2. Engelleyici eleman	Kod 1. Renk ile vurgu katma
VAKANA GARDEN KAFE	Kod 1. Yeşil özlemi	Kod 1. İç-Dış mekân uyumu Kod 2. Sık yapraklı bitki seçimi Kod 3. Sarmaşık yapılı bitki seçimleri	Kod 1. Çiçeklenen bitki seçimleri Kod 2. Coğrafyaya uygun bitki seçimleri
SOUTHİLL KAFE	Kod 1. Doğal hayat sevgisi Kod 2. Gelecek keyfisi	Kod 1. Farklılık yaratmak Kod 2. Hareketlilik kazandırmak	Kod 1. Çiçeklenen bitki seçimleri
YUKA KAFE	Kod 1. Bitki kullanımını vurgulamak Kod 2. Tazelenmiş hissiyatı	Kod 1. Amaca yönelik bitki seçimi Kod 2. Alana yönelik seçimler Kod 3. Mekânsal ayırıcı eleman	Kod 1. Çiçeklenen bitki seçimleri

### 5.2 Ekolojik İşlevlere İlişkin Bulgular

Yeşil arayüzlerin ekolojik katkıları özel ölçüm cihazları kullanılarak ve süreç içerisindeki ölçümleri karşılaştırılarak uzmanlar tarafından belirlenmektedir. Bu sebeple, kafe ve restoran işletmecilerinin yeşil arayüzlerden ekolojik beklentileri diğer işlevlere göre daha yüzeysel kalmaktadır. Literatürden öğrenilen bilgileri gözlemleyemedikleri ve kısa vadede etkilerini tespit edemediklerinden işletmeciler bu bölümde çok ayrıntılı cevaplar verememektedir. Örneğin, yeşil arayüzlerin gürültüyü azalttığı bilgisi literatürden gelen bilgilerde olmasına rağmen, çalışmada görüşülen işletmeciler için yeşil arayüzlerin gürültü kesici özelliği bulunmamaktadır. İşletmecilerin yeşil arayüzlerin gürültü kesici özelliğinin farkında olmadığı kafe ve restoranlara ilişkin mekânsal

analiz tablosu incelendiğinde bu kafe ve restoranların yoğun araç ve yaya trafiğinin olduğu bölgelerde konumlandığı görülmektedir. Sonuç olarak, mekânsal konum işletmecilerin beklentilerini etkilemekte, ekolojik işlevlerine karşı düşüncelerinin şekillenmesinde rol oynamaktadır. Bir taraftan da işletmeciler gözlemlenebilir ekolojik işlevler olarak sayılabilen kedi, kuş, kelebek gibi faunaya dâhil hayvanlar için yeşil arayüzlerin bir ekosistem oluşturduklarını belirtmişlerdir. Görüşme yapılan işletmeciler yeşil arayüz tasarımlarını bu beklentiyle yapmasalar da yine de oluşturdukları etkinin bilincinde oldukları kanısına varılmaktadır. Aynı şekilde, yeşil bitkilerin ince toz partiküllerini tutmasından faydalandıkları bilgisi görüşmeler sırasında edinilmiştir (Tablo.3).

**Tablo 3.** Ekolojik işleve ilişkin görüşme sonuçları kodlama tablosu

MEKÂN İSİMLERİ	SORU 1	SORU 2	SORU 3
	Yeşil arayüz tasarımları kent yaşamında biyo-çeşitliliğe katkı sağlıyor mu?	Yeşil arayüz tasarımlarının mekânınızın güneşlenme durumuna etkisi var mı?	Yeşil arayüz tasarımlarının mekânınızdaki gürültü ve hava kirliliğine etkisi var mı?
ARÇA	Kod 1. Faunaya katkı	Kod 1. Güneş kırma	Kod 1. Polenlerden koruma
KAFE KARIŞIK	Kod 1. Faunaya katkı	Kod 1. Gölgeleme etkisi	Kod 1. Gürültü kesici özelliği yok
MÜBECCEL	Kod 1. Betonlaşmış bir çevre	Kod 1. Şemsiye görevi görme	Kod 1. Gürültü kesici özelliği yok Kod 2. Toz ve egzoz tutucu
BAHÇE KAFE	Kod 1. Faunaya katkı	Kod 1. Güneş kırıcı etki	Kod 1. Gürültü kesici özelliği yok Kod 2. Hava kirliliğine katkı
VAKANA GARDEN	Kod 1. Faunaya katkı	Kod 1. Gölgeleme etkisi	Kod 1. Gürültü kirliliği engelleme
SOUTHİLL KAFE	Kod 1. Faunaya katkı	Kod 1. Gölgeleme etkisi Kod 2. Güneş kırıcı etki	Kod 1. Gürültü kesici özelliği
YUKA	Kod 1. Faunaya katkı	Kod 1. Güneş kırıcı etki Kod 2. Gölgeleme etkisi	Kod 1. Gürültü kesici özelliği Kod 2. Hava kirliliğine katkı

### 5.3 Ekonomik İşlevlere İlişkin Bulgular

Yeşil arayüz tasarımlarının ekonomik işlevleri görüşmeler doğrultusunda incelendiğinde literatürden gelen bilgiler ile örtüştüğü saptanmaktadır. Özellikle yeşil arayüzlerin serinletici etkisinin çoğu kafe ve restoran işletmecisinin bu konudaki beklentisini karşıladığı görülmektedir. Klimalandırma etkisi yaratarak kendilerine maddi kazanımlar getirdiği belirtilmiştir. Dikey tarım konusunda ise, görüşülen her işletmeci tarafından en az bir kez düşünüldüğü fakat yetersiz bilgi ve mekânsal sıkıntılar nedeniyle vazgeçip, daha küçük ölçeklerde belirli amaca yönelik üretimler tercih edildiği öğrenilmiştir. Örneğin, saksıda yetişen fesleğen, ya da ufak bir alanda biberiye, ada çayı gibi küçük ölçekli yenilebilir bitkiler üreterek ekonomilerine katkı sağlamayı amaçladıkları bilgisine ulaşılmıştır. Geçişim alanlarında uygulanan yeşil arayüz tasarımlarının ekonomik işlevlerinden işletmeciler için en geçerlisinin ise, müşteriler tarafından tercih edilir bir mekâna dönüştürme çabası olduğu anlaşılmaktadır. Beğenilen, ilgi çeken, etkili bir uygulama ile yeşil arayüz tasarımı yapıldığında, mekâna yeniden gelen müşteriler ile ekonomik bağlamda geri dönüş katkı sağlandığı belirtilmiştir (Tablo.4).

**Tablo 4.** Ekonomik işleve ilişkin görüşme sonuçları kodlama tablosu

MEKÂN İSİMLERİ	SORU 1	SORU 2	SORU 3
	Yeşil arayüz tasarımları mekânınızda sınırlandırma ya da paravan etkisi yaratıyor mu?	Yeşil arayüz tasarımları mekânınızda fiziksel yönlendirmeye yardımcı oluyor mu?	Yeşil arayüz tasarımları mekânınızda işlevleri/kullanımları birbirinden ayırıyor mu?
ARÇA KAFE	Kod 1. Yönlendirici olarak kullanılması	Kod 1. Giriş vurgulaması/yönlendirmesi	Kod 1. Bahçe ve sokak ayırıcı elemanı
KAFE KARIŞIK	Kod 1. Giriş vurgulaması/yönlendirmesi	Kod 1. Yürüme yolu vurgulaması	Kod 1. Balkon kısmı ayırıcı elemanı
MÜBECCEL KAFE	Kod 1. Paravan etkisi	Kod 1. Sınırlandırma etkisi	Kod 1. Giriş yolu ayırıcı elemanı
BAHÇE KAFE	Kod 1. Sınırlandırma etkisi Kod 2. Paravan etkisi	Kod 1. Giriş vurgulaması Kod 2. Keskinlik giderilmesi	Kod 1. Yol ve çevreden ayırıcı eleman
VAKANA GARDEN KAFE	Kod 1. Paravan etkisi	Kod 1. Giriş vurgulaması Kod 2. Bölümlerin vurgulanması	Kod 1. Yol ve çevreden ayırıcı eleman
SOUTHİLL KAFE	Kod 1. Sınırlandırma etkisi Kod 2. Paravan etkisi	Kod 1. Sınırlandırma etkisi	Kod 1. Sınırlandırma etkisi
YUKA KAFE	Kod 1. Sınırlandırma etkisi Kod 2. Vurgulama etkisi Kod 3. Paravan etkisi	Kod 1. Kamufle etkisi	Kod 1. Vurgulama etkisi Kod 2. İç kısma yönlendirme

#### 5.4 Mekânsal İşlevlere İlişkin Bulgular

Çalışmanın son kısmı olarak mekânsal işlevleri incelemek üzere görüşmeler yapılmıştır. Mekânlar kişilerin sadece fizyolojik gereksinimlerini karşılamak üzere sınırlı alanlar değil, birlikte duygusal etkinlik barındıran duyu ve düşüncelerini belirleyen psikolojilerini de etkileyen bileşenlere sahip olmalıdır (Çomak, 2020). Bu açıdan değerlendirildiğinde yeşil arayüz tasarımlarının kafe ve restoran kullanıcılarının konforlu vakit geçirmeleri için sınır belirleyici, bölümlere ayırıcı, paravan etkisi yaratıcı özellikleri işletmecilerin beklentileri arasında yer almaktadır. Yeşil arayüzlerin kullanıcıları yönlendirmek, tasarımın bölümlerini vurgulamak ya da kamufle etmek amacıyla da kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca, araç ve yaya yolu kenarında konumlanan tüm kafe ve restoranların ayırıcı eleman olarak yeşil arayüz tasarımlarını kullandığı tespit edilmiştir (Tablo.5).

**Tablo 5.** Mekânsal işleve ilişkin görüşme sonuçları kodlama tablosu

MEKÂN İSİMLERİ	SORU 1	SORU 2	SORU 3
	Yeşil arayüz tasarımlarının mekânınızın enerji verimliliğine katkısı var mı?	Yeşil arayüz tasarımında uygulanabilen dikey tarımdan mekânınız faydalanabilir mi?	Yeşil arayüz tasarımları mekânınızın ticari değerini etkiliyor mu?
ARÇA KAFE	Kod 1. Isı verimliliği Kod 2. Serinlik hissiyatı	Kod 1. Yüksek maliyet Kod 2. Risk durumu	Kod 1. Dikkat çekici olması
KAFE KARIŞIK	Kod 1. Soğutma ihtiyacı karşılanıyor	Kod 1. Tarımsal üretim mevcut	Kod 1. Koku ile etkileme
MÜBECCEL KAFE	Kod 1. Pervane ihtiyacı	Kod 1. Tarımsal üretim mevcut Kod 2. Yetersiz alan	Kod 1. Etki durumu yok
BAHÇE KAFE	Kod 1. Serinlik hissiyatı	Kod 1. Kentsel tarım denenmiş	Kod 1. Doğa özlemi giderme Kod 2. Sakinlik ile etkileme
VAKANA GARDEN KAFE	Kod 1. Serinlik hissiyatı	Kod 1. Kentsel tarım mevcut	Kod 1. Doğa özlemi giderme
SOUTHİLL KAFE	Kod 1. Serinlik hissiyatı	Kod 1. Kentsel tarımdan vazgeçilmiş	Kod 1. Görsel şölen etkisi
YUKA KAFE	Kod 1. Klimalandırma etkisi	Kod 1. Kentsel tarımdan düşünülüyor	Kod 1. İlgi çekici olması

## 6. Sonuç

Hızla yayılan kentleşme, nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ile insanların doğa ile kurdukları bağ giderek zayıflatılmaktadır. Bu çalışma ile hem ekolojik değerlerimizin kent, bina ve insan temelli olarak önemini vurgulanması hem de geçişim alanlarında uygulanabilecek yeşil arayüzlerin yaygınlaştırılmasına yönelik farkındalık oluşturulması amaçlanmaktadır. Daha derin bir araştırma yapabilmek için çalışmanın kapsamı Bartın ilindeki kafe ve restoranlarda bulunan geçişim alanlarındaki yeşil arayüzler olarak daraltılmıştır. Kafe ve restoran işletmecilerinin yeşil arayüzlerden beklentilerini incelemek için işlevsel olarak belirlenen dört tematik başlık altında görüşmeler tamamlanmıştır. Bu başlıklar, estetik, ekolojik, ekonomik ve mekânsal işlevler olarak belirlenmiştir. Nitel bir çalışma olarak yürütülen bu çalışmada, görüşmeler sonrasında elde edilen veriler literatürden gelen veriler ile beraber yorumlanarak çıkarımlarda bulunulmuştur.

Görüşme yapılan kafe ve restoran işletmecileri yeşil arayüzlerden estetik beklentileri tanımlarken doğa ile bütünleşen mekânlar hayal ettiklerini dile getirmişlerdir. Bu sebeple mekânsal tasarımları oluştururken müşterileri rahatlatan, kent hayatının karışıklığından bir nebze olsun kurtaran, huzur bulmalarını sağlayan mekânlar yaratma çabasında oldukları sonucuna varılmaktadır. Ayrıca tasarımlar oluşturulurken işletmecilerin çoğunun yeşil arayüzleri estetik işlevleri açısından bilinçli kullandığı belirlenmiştir. Yeşil arayüzlerin ekolojik işlevleri incelendiğinde ise işletmecilerin beklentilerinin daha kısıtlı olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat yine de yeşil arayüzlerin faunaya katkıları, rüzgar kesme özellikleri, ses izolasyonundaki katkıları gibi ekolojik işlevlerinden bahsedilmiştir. Özellikle araç trafik yoğunluğu olan bölgelerde konumlanan mekânların yeşil arayüzler ile sınırlandırıldığında ince toz partiküllerini tutması mekân sahipleri için belirgin bir işlev olarak görünmektedir. Günümüz şartlarında her kafe ve restoran işletmecisinin öncelik verdiği konulardan birinin de ekonomi olduğu bilinmektedir. Bu sebeple yeşil arayüzlerin ekonomik işlevleri işletmeciler için önem arz etmektedir. Isı verimliliğine katkı sağlayan, soğutma ihtiyaçlarını giderebilen, klima etkisi yaratabilen yeşil arayüz tasarımları kafe ve restoran işletmecileri için olumlu işlevler olarak belirlenmiştir. Diğer bir önemli konu ise yeşil arayüzlerin kentsel tarıma olanak tanınması olarak nitelendirilebilir. Görüşme yapılan işletmecilerin çoğunun kentsel tarım tecrübesi olduğu, mekânlarında ekonomik katkı sağlamak için yeşil arayüzlerden faydalandıkları belirlenmiştir. Son olarak, kafe ve restoranların kullanıcılar tarafından konforlu, kolay algılanabilir, sınırları belirgin alanlar olarak algılanması önem arz etmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde yeşil arayüzlerin mekânsal işlevlerinden faydalandığı görülmüştür. Özellikle yol kenarlarında sınırlandırma/perdeleme görevi için tercih edilen yeşil arayüzlerin, kafe ve restoran işletmecileri için mekânsal işlevleri karşıladığı bilgisine varılmıştır. Geçişim alanının tamamı bir bütün olarak ele alındığında ise yönlendirme, vurgulama, sıralama gibi işlevlerin yeşil arayüz tasarımlarıyla şekillendirildiği görülmüştür.

## Kaynaklar

1. **Atay, İ. (1988).** Kent ormanları ve çevre ile etkileşimleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 40(1), 1-5.
2. **Aygenel, M. (2011).** *Dikey yeşil sistemler*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
3. **Baltacı, A. (2017).** Nitel veri analizinde Miles-Huberman modeli. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-14.
4. **Başdoğan, G., & Çığ, A. (2016).** Ecological-social-economical impacts of vertical gardens in the sustainable city model. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 26(3), 430-438.
5. **Benian, E. (2010).** *Modern Mimaride İç-Dış İlişkisi Üzerine Bir Değerlendirme*. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
6. **Boyatzis, R. E. (1998).** *Transforming qualitative information: Thematic analysis and code development*. Sage Publications, Inc.
7. **Braun, V., Clarke, V. (2019).** Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qual. Res. Sport Exerc. Health* 11(4), 589-597.
8. **Çelikiyay, S., Gizli, F. (2019).** Aesthetical and Ecological Functions of Green Interfaces in Spatial Design. *International Journal of Landscape Architecture Research (IJLAR)*, 3(1), 74-84.
9. **Çomak, S. D. (2020).** *İç mekân tasarımında bitirme öğelerinin insan psikolojisine ve mekân algısına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Işık Üniversitesi, İstanbul.
10. **Ekren, E. (2017).** Advantages and risks of vertical gardens. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 51-57.
11. **Elinç, H., Elinç, Z. K. (2010).** Dikey Bahçelerde Kullanılan Süs Bitkilerinin Özellikleri. IV.Süs Bitkileri Kongresi, 20(22), 535-541.

12. **Erdoğan, E., & Khabbazi, P. A. (2013).** Yapı yüzeylerinde bitki kullanımı, dikey bahçeler ve kent ekolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 23-27.
13. **Erduran, F., & Kabaş, S. (2010).** Parklarda ekolojik koşullarla dengeli, işlevsel ve estetik bitkilendirme ilkelerinin Çanakkale halk bahçesi örneğinde irdelenmesi. *Ekoloji*, 19(74), 190-199.
14. **Fang, C. F., & Ling, D. L. (2003).** Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and urban planning*, 63(4), 187-195.
15. **Gültekin, E. (1994).** *Bitki Kompozisyonu*, ÇÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 10.
16. **Kalay, F. (2019).** *Patrick Blanc'in dikey bahçe tasarımlarının tasarım ilkeleri doğrultusunda irdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
17. **Kanter, İ. (2014).** *Kentsel tasarımda dikey bahçeler*. Y.Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
18. **Keller, U. (1995).** *Qualitative Data Analysis: Theory, Methods and Practice for Researchers*. Sage, London.
19. **Maltaş, A. (2015).** Ekoloji Ekseninde İnsan-Doğa İlişkisi ve Özne Sorunu. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17(29), 1-8.
20. **Mir, M. A., (2011).** *Green Facades and Building Structures*, Master Thesis, Delf University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Section Materials and Environments, Delf.
21. **Örnek, M. A. (2011).** *Dikey Bahçe Tasarım Sürecinde Kullanılabilecek Örnek Tabanlı Bir Tasarım Modeli Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
22. **Özsel, S. B. (2009).** *Bina-Kentsel mekân arayüz özelliklerinin kentsel yaya mekânlarına etkisi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
23. **Öztürk, S.D., İsmailoğlu, S. (2017).** Mimarlıkta İç-Dış İlişkisinde Geçirgen Bir Arayüz Olarak Işıklık. *Asos Journal (The Journal of Academic Social Science)*, 5(53), 98-113.
24. **Ryu, K., & Jang, S. S. (2007).** The effect of environmental perceptions on behavioral intentions through emotions: The case of upscale restaurants. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 31(1), 56-72.
25. **Sercan, S., & Küçükali, U. F. (2020).** İç mimarlık ve çevre tasarımında dikey bahçe uygulamalarının değerlendirilmesi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 15(60), 407-416.
26. **Sezen, İ., Aytatlı, B., Ağrılı, R. A., & Patan, E. (2017).** İç Mekân Tasarımında Bitki Kullanımının Birey Ve Mekân Üzerine Etkileri. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 25-34.
27. **Taş, Ö. Ö. (2019).** *Dikey Bahçe Uygulamalarına Yönelik Kullanıcı Algısının Ölçülmesi: İstanbul Metropolünden Örnekler*. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
28. **Tzortzi, N., & Sophocleous, J. (2018).** The Green Wall as sustainable tool in Mediterranean cities: The case study of Limassol, Cyprus. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 14, 270-284.
29. **URL-1 (2023).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 2/11/2022, 41°38'20.19"K 32°20'17.28"D
30. **URL-2 (2023).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 2/11/2022, 41°37'44.11"K 32°20'00.20"D
31. **URL-3 (2023).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 2/11/2022, 41°37'54.38"K 32°20'13.38"D
32. **URL-4 (2023).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 2/11/2022, 41°38'20.19"K 32°20'17.28"D
33. **URL- 5 (2013).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 2/11/2022, 41°38'20.19"K 32°20'17.28"D
34. **URL-6 (2023).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 2/11/2022, 41°37'33.82"K 32°19'21.77"D
35. **URL-7 (2023).** Google Earth İmage 2023, Görüntü Tarihi: 12/23/2022, 41°40'10.02"K 32°13'45.04"D
36. **Wakefield, K. L., & Blodgett, J. G. (1994).** **The importance of servicescapes in leisure service settings.** *Journal of services marketing*, 8(3), 66-76.
37. **Yazici, K. (2017).** Kentiçi Yol Bitkilendirmelerinin Fonksiyonel-Estetik Açından Değerlendirilmesi Ve Mevcut Bitkisel Tasarımların İncelenmesi: Tokat Örneği. *Ziraat Mühendisliği*, (364), 30-39.