



# BAROFD

BARTIN ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ  
BARTIN JOURNAL OF FACULTY OF FORESTRY

1997

***Bartın Orman Fakültesi Dergisi***  
***Journal of Bartın Faculty of Forestry***  
**2022, 24 (1)**



ISSN: 1302-0943

e-ISSN: 1308-5875

Period: Third times per year

Founded: 1999

Publisher: Bartın University

# Bartın Orman Fakültesi Dergisi

*Journal of Bartın Faculty of Forestry*

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

Bartın University  
Faculty of Forestry, 1st Floor, Agdaci District,  
Center Campus, 74100 Bartın-Turkey. Tel:  
+90(378) 223 5101, Fax: +90(378) 2235062  
E-mail: [bofdergi@bartin.edu.tr](mailto:bofdergi@bartin.edu.tr), [bofdergi@gmail.com](mailto:bofdergi@gmail.com)

## **Editor-in-Chief**

Birsen DURKAYA, Prof.

## **Co-editor and Section Editors**

Deniz Aydemir, Prof,  
Rıfat Kurt, Assoc. Prof,  
Sinan Kaptan, Asist. Prof,  
Eser Sozen, Dr.  
Erol İmren, Dr.  
Pelin Keçecioglu Dağlı, Res. Asist,

## **Editorial Board**

Abdullah İstek  
Bartın University, Bartın, Turkey.  
E-mail: [aistek@bartin.edu.tr](mailto:aistek@bartin.edu.tr)

Antonio Lanzotti  
The University of Naples Federico II, Napoli,  
Italy.  
E-mail: [antonio.lanzotti@unina.it](mailto:antonio.lanzotti@unina.it)

Aslı KORKUT  
Namik Kemal University, Bartın, Turkey.  
E-mail: [aslikorkut@nku.edu.tr](mailto:aslikorkut@nku.edu.tr)

Azize Toper Kaygın  
Bartın University, Bartın, Turkey. E-mail:  
[atoperkaygin@bartin.edu.tr](mailto:atoperkaygin@bartin.edu.tr)

Dalia Abbas  
The University of Georgia, Athens, GA, USA.  
E-mail: [dabbas@uga.edu](mailto:dabbas@uga.edu)

Dick Sandberg  
Lulea University of Technology, Skelleftea,  
Sweden.  
E-mail: [dick.sandberg@ltu.se](mailto:dick.sandberg@ltu.se)

Haldun Muderrisoglu  
Duzce University, Duzce, Turkey.  
E-mail: [haldunm@duzce.edu.tr](mailto:haldunm@duzce.edu.tr)

Hideo Sakai  
University of Tokyo, Tokyo, Japan.  
E-mail: [sakaih@fr.a.u-tokyo.ac.jp](mailto:sakaih@fr.a.u-tokyo.ac.jp)

Huseyin Sivrikaya  
Bartın University, Bartın, Turkey.  
E-mail: [hsivrikaya@bartin.edu.tr](mailto:hsivrikaya@bartin.edu.tr)

İsmet Dasdemir  
Bartın University, Bartın, Turkey.  
E-mail: [idasdemir@bartin.edu.tr](mailto:idasdemir@bartin.edu.tr)

Jerzy Smardzewski  
Poznan University of Life Sciences, Poznan,  
Poland.  
E-mail: [jsmardzewski@up.poznan.pl](mailto:jsmardzewski@up.poznan.pl)

Kevin Boston  
Oregon State University, Corvallis, OR, USA.  
E-mail: [evin.boston@oregonstate.edu](mailto:evin.boston@oregonstate.edu)

Mehmet Sabaz  
Bartın University, Bartın, Turkey.  
E-mail: [msabaz@bartin.edu.tr](mailto:msabaz@bartin.edu.tr)

Mir Mozaffar Fallahchai  
Islamic Azad University, Lahijan, Iran.  
E-mail: [Fallahchai@Liau.ac.ir](mailto:Fallahchai@Liau.ac.ir)

Nedim Saracoglu  
Bartın University, Bartın, Turkey.  
E-mail: [nedimsaracoglu@bartin.edu.tr](mailto:nedimsaracoglu@bartin.edu.tr)

Peter Niemz  
ETH-Zurich, Zurich, Switzerland.  
E-mail: [niemzp@retired.ethz.ch](mailto:niemzp@retired.ethz.ch)

Surhay ALLAHVERDIEV  
Moscow State Education University, Moscow,  
Russia.  
E-mail: [surhay@mail.ru](mailto:surhay@mail.ru)

Bartın Orman Fakültesi Dergisi (BAROFD) is a peer reviewed journal which publishes twice in a year (June and December) as both hardcover and online to this day from 2001. Original researches and invited review papers in English and Turkish are accepted to publication in the BAROFD. The Manuscripts submitted in the BAROFD are reviewed by the reviewers, and the review process is completed in 30 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or declined. Manuscripts must be submitted on the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. BAROFD is open access, and the BAROFD 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 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd>.

The BAROFD is abstracted and indexed by

Academic Journals Database	J-Gate: E-Journals Gateways
AGRIS-FAO: Food and Agriculture Organization	Journal Factor
AraştırMax	OAJI: Open Academic Journals Index
Bielefeld Academic Search Index	OCLC WorldCat
CAB Abstracts & Full Text	OpenAIRE
Clarivate Analytics	ResearchBIB: Academic Resource Index
Cosmos Impact Factor	ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources
CrossRef	Scientific Indexing Service
Directory of Open Access Journals	Scientific World Index
Directory of Research Journals Indexing	Scilit
DOI: Digital Object Identifier	Sobiad: Sosyal Bilimler Atıf Dizini
Eurasian Scientific Journal Index	TROVE: National Library of Australia
Euro Forest Portal	International Institute of Organized Research (I2OR)
Google Scholar	ZDB
TR Dizin-ULAKBİM	ASOS Index
National Library OF Australia	Directory for Medical Articles (ScopeMed)
Journal TOCS	
Index Copernicus	

Both the University of Bartın and Faculty of Forestry do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the Journal of the Bartın Faculty of Forestry (BOFD). 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 BOFD and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Orman Fakültesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi (BOFD) 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, BOFD'nin yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

## CONTENTS

### Research Articles

### Pages

- Fotogrametri Tekniği Kullanılarak Anıt Ağağların Dijital Belgelenmesi: Mızık amı  
Tabiat Anıtı rneği ..... 1-12  
*Digital Documentation of Monumental Trees Using Photogrammetry Technique: The Case of Mızık  
Pine Natural Monument*  
**Ahmet USLU**
- Orman Yolunda Uygulanan Yeni Tip elik Kpr (Vize Orman İşletme Mdrlğ  
rneği) ..... 13-24  
*New Type Steel Bridge Applied on the Forest Road (the Case of Vize Forest Enterprise Directorate)*  
**Tolđa ÖZTÜRK, Hüseyin DOĞAN, Onur BAŞAR**
- Türkiye’de Büyük Göknar Kabuk Bceği *Pityokteines curvidens* (Germ.) Zararlısının  
Mavi Ladin (*Picea pungens* Engelm.) Trnde İlk Kaydı ..... 25-31  
*First Record of the Silver Fir Bark Beetle Pityokteines curvidens (Germ.) on Blue Spruce  
(Picea pungens Engelm.) in Turkey Enterprise Directorate)*  
**Beşir YÜKSEL, Nuray ÖZTÜRK**
- Zonguldak-Gökgöl Mağarası Yakınındaki Porsuk Ağağlarının (*Taxus baccata* L.)  
Anıtsal zellikleri ..... 32-41  
*Monumental Traits of European Yew Trees near to Gökgöl Cave in Zonguldak*  
**Barbaros YAMAN, Engin ZAMAN**
- Yenice Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (Karabük/Türkiye) Florası ..... 42-64  
*Flora of Yenice Wildlife Development Area (Karabuk/Turkey)*  
**Ayşe ÖZTÜRK PULATOĞLU, Kerim GNEY**
- Kuraklık Stresi Altındaki İki Akağağ Trnn (*Acer negundo* ve *Acer  
pseudoplatanus*) Fidanlarının Gaz Değişim Parametrelerinin Karşılaştırılması ..... 65-76  
*Comparison of the Gas Exchange Parameters of Two Maple Species (Acer negundo and Acer  
pseudoplatanus) Seedlings under Drought Stress*  
**İsmail KO**
- Orman Yangını Riskinin CBS Kullanılarak Niğe rneğinde Belirlenmesi ..... 77-94  
*Determination of Forest Fire Risk Using GIS: A Case Study in Nigde, Turkey*  
**Orhun SOYDAN**
- Kastamonu ve Sinop Yöresi Sarıçam Meşcereleri İçin Ekorejyon Tabanlı ap  
Artım Modeli ..... 95-110  
*Ecoregion-Based Diameter Increment Model for Scots Pine Stands in Kastamonu and Sinop  
Regions*  
**Fadime SAĞLAM, Oytun Emre SAKICI**
- Laboratuvar Yapımı Kağıtların ekme özelliklerini lmenin Alternatif Bir Yolu ..... 111-120  
*An Alternative Way of Measuring Tensile Characteristics of Handsheets*  
**Merve ENGİN**
- Sedir Ağacının (*Cedrus libani*) Farklı Kısımlarından retilmiş Alçı Esaslı  
Levhaların zellikleri. 1. Bölüm. Fiziksel ve Mekanik zellikler ..... 121-132  
*Properties of Gypsum Boards Made with Cedrus Tree (Cedrus libani) Components. Part 1.  
Physical and Mechanical Properties*  
**Halil Turgut ŞAHİN, Esen CAM**



**Research Articles****Pages**

- BIST Orman Kağıt Basım Endeksi ile Bazı Değişkenler Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkileri ..... 133-144  
*Cointegration and Causality Relations between BIST Forest Paper Print Index and Some Variables*  
**Hüseyin Başar ÖNEM**
- Alkali Konsantrasyonunun Odun Unu Takviyeli PVC Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisi..... 145-156  
*Effect of Alkaline Concentration on Mechanical Properties of Wood Flour Filled PVC Composites*  
**Nasır NARLIOĞLU**
- Kentsel Kimliğin ve Bileşenlerinin Değerlendirilmesi: Erbil Örneği ..... 157-176  
*Assessment of Urban Identity and Its Components: A Case Study of Erbil*  
**Darbaz Pirot Ahmed MANKURİ, Yasin DÖNMEZ**
- Kent İçi Otopark Çözümlerine Akıllı Yaklaşımlar: Safranbolu Kent Örneği..... 177-193  
*Smart Approaches to Urban Parking Solutions: Safranbolu City Example*  
**Ayşe ÇUFALI, Yasin DÖNMEZ**

# Fotogrametri Tekniği Kullanılarak Anıt Ağaçların Dijital Belgelenmesi: Mızık Çamı Tabiat Anıtı Örneği

Ahmet Uslu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kütahya, Türkiye

## Makale Tariğesi

Gönderim: 29.09.2021

Kabul: 31.03.2022

Yayım: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Doğal ve kültürel mirasın yaşayan temsilcileri olan anıt ağaçların tespiti, tescili, korunması, gerçekliğe dayalı dijital belgelenmesi ve sürdürülebilir bir anlayışla gelecek nesillere aktarılması önem arz etmektedir. Anıt ağaçların gerçekliğe dayalı dokümantasyonunda fotogrametri tekniği güvenilir ve doğru bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmada, anıt ağaçların korunması ve görselleştirilmesi için etkili ve düşük maliyetli bir araç olarak fotogrametri tekniğine dayalı gerçekçi ve yüksek doğrulukta üç boyutlu (3B) modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. İş akışı Kütahya ili, Domaniç ilçesi, Domur Köyü'nde yer alan Mızık Çamı Tabiat Anıtına uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları, anıt ağaçların 3B dijital dokümantasyonu ve analizi çalışmalarında fotogrametri tekniğinin doğruluk, hız, maliyet, verimlilik ve ürün çeşitliliği açısından büyük avantajlar sağladığını göstermiştir. Çalışmada açıklanan yaklaşım kültürel miras eserlerini daha erişilebilir ve kapsayıcı hale getirmek için yeni fırsatlar sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** – Fotogrametri, kültürel miras, anıt ağaç, 3B model

## Digital Documentation of Monumental Trees Using Photogrammetry Technique: The Case of Mızık Pine Natural Monument

<sup>1</sup>Kutahya Dumlupınar University, Tavşanlı Vocational School, Department of Architecture and Urban Planning, Kutahya, Turkey

## Article History

Received: 29.09.2021


Accepted: 31.03.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article

**Abstract** – It is important to identify, register, protect monumental trees that are living representatives of natural and cultural heritage, to transfer them to next generation with a digital documentation based on reality and a sustainable understanding. The photogrammetry technique offers a reliable and accurate approach to the reality-based documentation of monumental trees. In this study, it is aimed to create a realistic and highly accurate three-dimensional (3D) model based on photogrammetry technique as an effective and low-cost tool for the preservation and visualization of monumental trees. The workflow was applied to the Mızık Pine Natural Monument located in Domur Village, Domaniç district, Kütahya province. The results of the study showed that the photogrammetry technique provides great advantages in terms of accuracy, speed, cost, efficiency and product diversity in 3D digital documentation and analysis of monumental trees. The approach described in the study provides new opportunities to make works of cultural heritage more accessible and inclusive.

**Keywords** – Photogrammetry, cultural heritage, monumental tree, 3D model

<sup>1</sup>  ahmet.uslu1@dpu.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Anıt ağaçlar, yaş, çap ve boy bakımından kendi türünün alışıl gelmiş ölçüleri üzerinde boyutlara sahip olan, yörenin kültürü ve tarihinde önemli yer tutan, insanlığın ortak mirası olarak geçmiş ile günümüz ve gelecek arasında bağ kurabilecek büyüklükte doğal ömre sahip tabiat varlıklarıdır (Asan, 1987). Doğa tarihinin ve kültürel mirasın yaşayan temsilcileri olarak geçmişten günümüze ulaşan anıt ağaçlar, doğal zenginliklerimizin başında gelmektedir (Asan, 1991). Anıt ağaç araştırmaları, biyolojik kaynaklar, bitki dağılımı, çevresel değişim, türlerin genetik özellikleri ve tarihi ve kültürel mirasın incelenmesi açısından büyük bilimsel değere sahiptir (Briffa, 2020). Büyük önemine rağmen anıt ağaçlar hem doğal hem de beşerî tehditler altında yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu bağlamda anıt ağaçların tespiti, tescili ve gerçekliğe dayalı dijital belgelenmesi büyük önem arz etmektedir. Gerçekliğe dayalı dokümantasyon, objelerin ölçüldüğü, 3B modellendiği ve dijital ortamda saklandığı bir uygulamadır (Remondino vd., 2010). Anıt ağaçların gerçekliğe dayalı dokümantasyonunda geometrik doğruluk bakımından kullanım kolaylığı, düşük maliyet ve hassas veri kalitesi sağlayan popüler yöntemlerden biri fotogrametri tekniğidir (Remondino vd., 2010).

Fotogrametri tekniği, üst üste bindirmeli iki boyutlu (2B) görüntülerden güvenilir, doğru ve ayrıntılı 3B fotogerçekçi modelin üretimi için güçlü bir yaklaşım sağlar (Remondino vd., 2010). Bu teknik, nesnenin özelliklerini nesneye temas etmeksizin 3B olarak yeniden oluşturmayı sağlayan bir yaklaşım olması itibarıyla 3B dijital dokümantasyon uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Huang vd., 2015). Fotogrametri tekniği hızlı, verimli, ekonomik ve güvenilir veriler sağladığı için kültürel mirasın 3B dokümantasyonu (Uslu vd., 2016; Uslu, 2021; Uslu ve Uysal 2021), orman alanlarının haritalanması (Liang vd., 2014; Rahlf vd., 2017; Zhang vd., 2019), bireysel ağaçların 3B modellenmesi (Maravelakis vd., 2012; Uzun ve Gül 2017; Torres-Sánchez vd., 2017), ağaç yüksekliği (Zarco-Tejada vd., 2014; Wu vd., 2014; Zhou vd., 2020) ve taç parametrelerinin (Díaz-Varela vd., 2015; Mohan vd., 2017) belirlenmesi çalışmalarında etkin bir teknoloji olarak kullanılmaktadır. Fotogrametri tekniği kullanılarak ağaçların 3B modellenmesini konu alan çalışmaların ana temaları aşağıda özetlenmiştir. Maravelakis vd., (2012) Dünyanın en eski zeytin ağacı olarak bilinen Vouves Anıtsal Zeytin Ağacının fotogrametri tekniğine dayalı olarak 3B modelini oluşturmuşlardır. Araştırmacılar 3B dijital modeli optimize ederek anıt ağacın ayrıntılı rölöve çizimlerini gerçekleştirmişler ve son olarak 3B yazıcı teknolojisi aracılığıyla Vouves Anıtsal Zeytin Ağacının baskısını elde etmişlerdir. Uzun ve Gül, (2017) Hareketten Oluşum Fotogrametrisi (Structure from Motion / SfM) tekniği ile ağaçların 3B modellenmesi olanaklarını araştırmışlardır. Dijital fotoğraf makinesi ile çekilen fotoğraflar kullanılarak Autodesk 123D Catch ve Agisoft PhotoScan yazılımlarında ağaçların 3B dijital modellerini elde etmişlerdir. Elde edilen 3B dijital modeller 13 farklı kriter bazında uzmanlarca değerlendirilmiş ve Agisoft PhotoScan yazılımı en uygun 3B ağaç modelleme yazılımı olarak belirlenmiştir. Torres-Sánchez vd., (2017) bir İHA üzerine yerleştirilen düşük maliyetli bir dijital kamera aracılığıyla elde edilen görüntülere fotogrametrik teknikler uygulayarak badem ağaçlarının geometrik yapısını temsil eden 3B nokta bulutlarını oluşturmuşlardır. 3B nokta bulutları, badem ağaçlarının 3B özelliklerini (yükseklik, alan ve hacim) karakterize etmek amacıyla herhangi bir kullanıcı müdahalesi olmaksızın nesne tabanlı görüntü analizi (OBIA) algoritması kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmada açıklanan yaklaşımın, hassas tarım bağlamında ağaç ve mahsul yönetimi arasındaki bağlantıları ilgili tarımsal-çevresel etkilerle anlamak için önemli katkılar sağladığı belirtilmiştir.

Literatür taraması neticesinde ülkemizde fotogrametri tekniği kullanılarak anıt ağaçların 3B modellenmesi alanında yapılmış bilimsel bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu bağlamda çalışmada, anıt ağaçların dijital olarak belgelenerek korunması ve görselleştirilmesi için etkili, düşük maliyetli bir araç olarak fotogrametri tekniğine dayalı gerçekçi ve yüksek doğrulukta bir anıt ağacın 3B modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma, fotogrametri tekniği ile kültür ve tabiat varlıklarının 3B modellenmesi alanında çalışmalar yapan araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte, anıt ağaçların korunması ve yönetimi, peyzaj planlaması ve tasarımı için referans oluşturabilecek bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada açıklanan yaklaşım Kütahya ili, Domaniç ilçesi, Domur Köyü'nde yer alan Mızık Çamı Tabiat Anıtına uygulanmıştır. Çalışma dört bölüm halinde

düzenlenmiştir. Giriş bölümünün (Bölüm 1) ardından, 2. bölümde Mızık Çamı Tabiat Anıtının genel özellikleri, çalışmada kullanılan materyaller ve çalışmanın yöntemi sunulmaktadır. Bölüm 3; fotogrametrik değerlendirme, 3B nokta bulutu oluşturma ve 3B modelleme uygulamalarını içermektedir. Son olarak Bölüm 4'te ise; tartışma, çalışmanın sonuçları, öneriler ve gelecekteki çalışmalar belirtilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı ve Veri Kaynakları

Çalışmada Kütahya ili, Domaniç ilçesi, Domur Köyü sınırları içerisinde yer alan Mızık Çamı Tabiat Anıtı model olarak seçilmiştir (Şekil 1). Karaçam türünde Mızık Çamı, Osmanlı tarihiyle ilişkisi bakımından oldukça önemli anıt ağaçlarımızdan biridir. Osmanlı Devleti'nin kurucusu Osman Gazi'nin bebeklik beşiğinin kurulduğu ağaç olarak rivayet edilmektedir. 876 yaşındaki Mızık Çamı, 1988 yılında şiddetli bir rüzgâr neticesinde yıkılmıştır. Bursa Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 15.07.1988 tarih ve 83 sayılı kararı gereği anıt ağaç olarak tescil edilmiştir. Çürümeye yüz tutan ağaç verniklenerek ve üzeri çatı ile kapatılarak koruma altına alınmıştır. 11.08 metre uzunluğundaki ağaç, kıvrımları, ahtapotu andıran yaygın dalları ve doğa harikası estetik görüntüsü ile ziyaretçilerin ilgisini çekmektedir (URL-1).



Şekil 1. Mızık Çamı Tabiat Anıtı ve coğrafi konumu (URL-1)

Çalışmada materyal olarak, anıt ağacın fotoğraflarının çekiminde Samsung J7 model mobil telefon, ağaç üzerinde belirlenen kontrol noktalarının koordinat değerlerini ölçmek için Spectra Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı, fotogrametrik değerlendirme ve 3B modelleme için lisanslı Agisoft PhotoScan ve Autodesk Meshmixer yazılımları kullanılmıştır. Tablo 1'de Spectra Focus 6 totalstation cihazının teknik özellikleri yer almaktadır.

Tablo 1

Spectra Focus 6 totalstation cihazının teknik özellikleri (URL-2)

Özellikler	Değer
İşletim Sistemi	Windows CE
Reflektörlü okuma mesafesi	1.5 m 'den 3000 m ye kadar
Reflektörsüz okuma mesafesi	200 m 'den 500 m ye kadar
Mesafe hassasiyeti	(2+2ppm x D)mm
Batarya ömrü	Sürekli mesafe/açı ölçümünde: 12 Saat

Tablo 1

Devam ediyor

Özellikler	Değer
Ölçüm süresi	Hassas mod : 1.5 sn, Normal mod : 0.8 sn
Çalışma sıcaklığı	-20°C ile +50°C
Depolama sıcaklığı	-25°C ile +60°C
Toz ve suya karşı dayanıklılık	IP66
Bluetooth	Var
Usb	Var

## 2.2. Metot

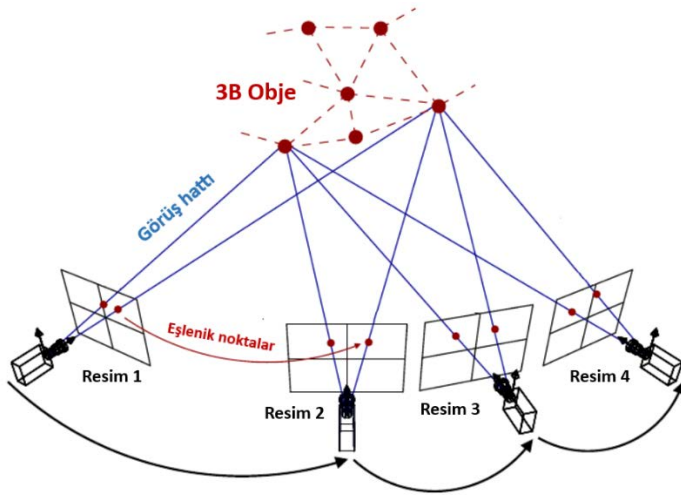
Fotogrametri tekniği kullanılarak gerçekleştirilen dijital belgeleme uygulamaları arazi ve büro çalışmalarından oluşmaktadır. Arazi çalışmaları; anıt ağacı çevreleyen lokal sistemde jeodezik bir ağı oluşturulması, resim koordinat sisteminden arazi koordinat sistemine dönüşümün gerçekleştirilmesi amacıyla anıt ağacı üzerinde kontrol noktalarının belirlenmesi, belirlenen kontrol noktalarına ilişkin koordinat değerlerinin (X, Y, Z) elde edilmesi ve son olarak anıt ağacın tüm yönlerden fotoğraflarının çekilmesi işlemlerini kapsamaktadır. Büro çalışmaları ise fotoğrafların ve kontrol noktalarına ait koordinat değerlerinin dijital ortama aktarılması, fotogrametrik değerlendirme ve 3B modelleme işlemlerinden oluşmaktadır. Şekil 2' de çalışmada uygulanan iş akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın iş akış şeması (Çelik vd., 2020)

## 2.3. Fotogrametri ve Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion/SfM)

Hareket ile nesne oluşturma (SfM), 3B model üretimi araştırmalarında daha fazla esneklik ile 3B modelleme prosedürünü önemli ölçüde kolaylaştıran düşük maliyetli fotogrametri tekniğidir. SfM, örtüşen 2B görüntü dizilerinden 3B modelleri tahmin etmek için kullanılmaktadır. Kamera parametreleri hakkında önceden bilgi sahibi olmadan sırasız ve heterojen görüntü kümeleriyle başa çıkabilmesi nedeniyle son yıllarda popülerlik kazanmıştır (Westoby vd., 2012). SfM tekniği, fotoğraflarda ortak noktaları bularak ve bu ortak noktaları eşleştirerek çalışmaktadır. Şekil 3'te SfM algoritmasının temel çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3. SfM algoritmasının temel çalışma prensibi (URL- 3)

SfM süreci, görüntülerdeki anahtar noktaların (yani, ayırt edici kontrast veya dokuya sahip noktalar veya piksel kümeleri) otomatik olarak çıkarılmasıyla başlar. Anahtar noktalar tüm görüntülerde tanımlanır ve ardından yer aldıkları görüntüler arasında eşleştirilir (Fonstad vd., 2012). Yeterli sayıda görüntü ve anahtar nokta eşleşmesi sağlandığında SfM, kamera parametrelerini ve sahnenin seyrek bir 3B nokta bulutunu aynı anda hesaplamak için demet ayarı gerçekleştirir (Shum vd., 1999). Demet ayarı, rastgele seçilen eşleşen anahtar noktaların dizilerinden elde edilen başlatma değerleri ve tamamlayıcı olarak kameralardan alınan parametreler kullanılarak çözülür (Shum vd., 1999). Ardından, SfM'nin çıktıları, yer kontrol noktalarına ve/veya kameradan veya navigasyon cihazlarından gelen verilere dayalı olarak ölçeklenir ve coğrafi referanslı hale getirilir (Iglhaut vd., 2019). Son olarak SfM'den elde edilen kamera pozları ve parametreler, MVS (Multi-View Stereo) algoritmaları kullanılarak yoğunlaştırılmış bir nokta bulutu oluşturmak için uygulanır (Iglhaut vd., 2019).

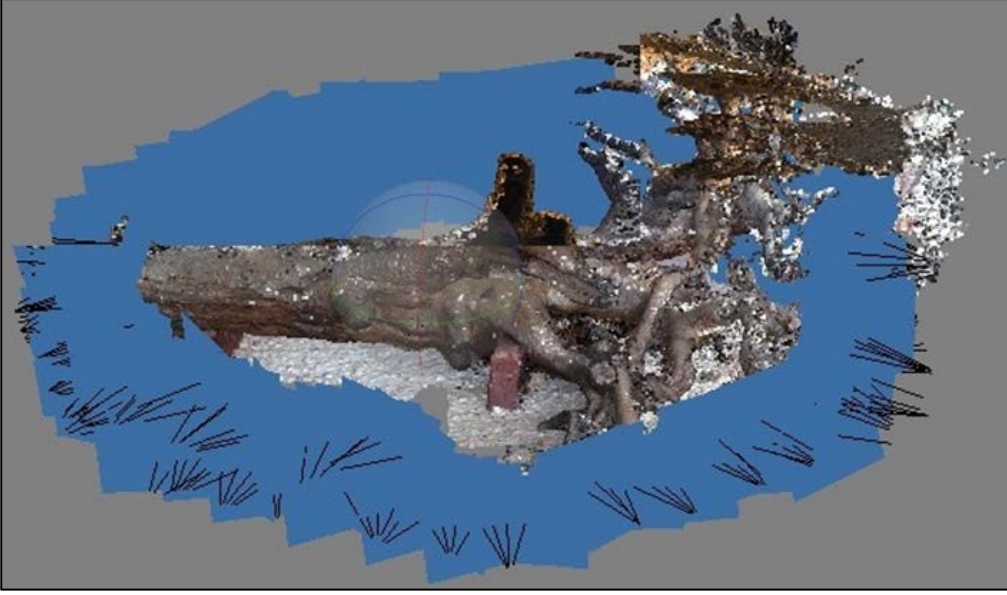
### 3. Bulgular

#### 3.1. Veri Toplama

Fotogrametri tekniği ile 3B modelleme için planlı bir şekilde jeodezik alım ve fotoğraf çekimi gerçekleştirilmelidir (Remondino vd., 2010). Bu bağlamda öncelikle anıt ağaç üzerinde belirlenen kontrol noktalarının koordinat değerlerini elde etmek için anıt ağacı çevreleyen lokal koordinat sisteminde kapalı bir jeodezik ağ oluşturulmuştur. Bu işlem sona erdikten sonra ağaç üzerinde homojen dağılımlı 27 adet kontrol noktası belirlenmiş ve bu noktaların koordinat değerleri totalstation cihazı aracılığıyla elde edilmiştir. 17 adet kontrol noktası 3B dijital modelin koordinatlandırılmasında, 10 adet kontrol noktası ise 3B modelin konum doğruluğunun analizi işleminde kullanılmak üzere tayin edilmiştir. Kontrol noktalarının ölçümünden sonra 13 MP çözünürlüğe sahip Samsung J7 mobil telefonun kamerası kullanılarak kontrol noktalarının tüm fotoğraflarda görünür ve seçilebilir olması kaydıyla anıt ağacın farklı açılardan ve bindirmeli olarak toplam 229 adet fotoğrafı çekilmiştir.

#### 3.2. Fotogrametrik Değerlendirme ve 3B Model Oluşturma

Fotogrametrik değerlendirme ve 3B modelleme için öncelikle 229 adet fotoğraf Agisoft Photoscan yazılımına aktarılmıştır. Agisoft Photoscan yazılımında 229 adet fotoğrafın tamamı, 28,426 adet bağlantı noktası ile otomatik olarak hizalanmıştır. Şekil 4' te kamera konumları ve yönleri gösterilmiştir.



Şekil 4. Kamera konumları ve yönleri

3B modelin ölçeklendirilmesi amacıyla arazi çalışmaları aşamasında koordinat değerleri ölçülen 17 adet kontrol noktası nokta atmak suretiyle işaretlenmiştir. Daha sonra kontrol noktaları ile birlikte Mızık Çamı Tabiat Anıtı'nın sırasıyla 3B yoğun nokta bulutu (Şekil 5) ve doku kaplı 3B dijital modeli oluşturulmuştur (Şekil 6).



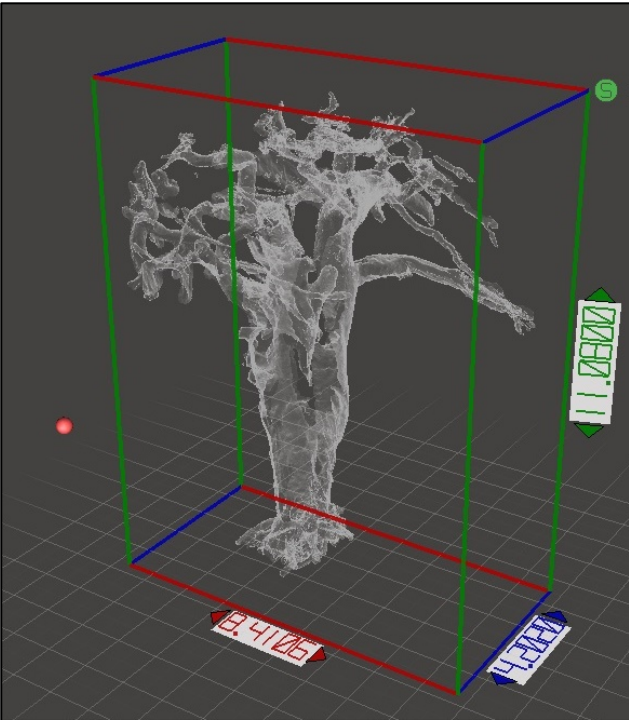
Şekil 5. Mızık Çamı Tabiat Anıtının 3B yoğun nokta bulutu.





Şekil 6. Mızık Çamı Tabiat Anıtının 3B dokulu modeli

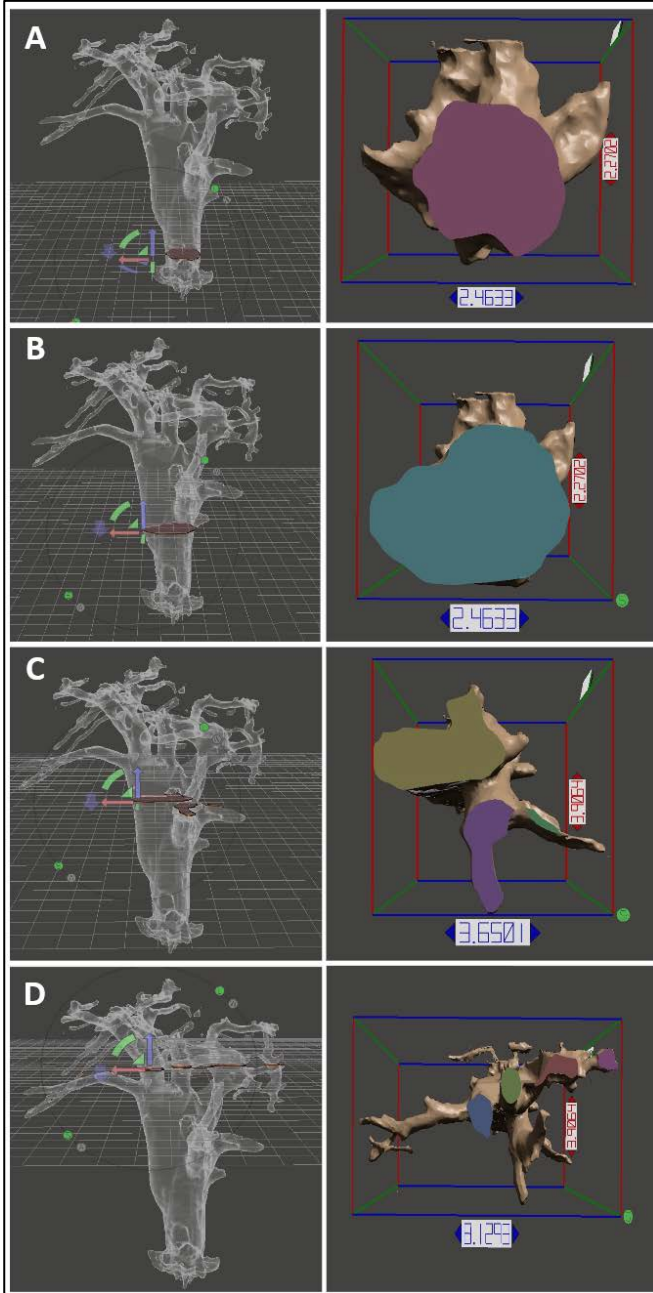
Dijital ortamda kaydedilen 3B katı model üzerinden obje bütününe ait istenilen yükseklikte, istenilen sayıda yatay ve düşey kesitler, görünüş ve planlar elde edilebilmektedir. Mızık Çamı üzerinde ayrıntılı kesitlerin üretimi için 3B dijital model “.obj” uzantılı model dosyası olarak kaydedilmiş ve Autodesk Meshmixer yazılımına aktarılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Mızık Çamı Tabiat Anıtı'nın boyutları

3B model Autodesk Meshmixer yazılımında optimize edilerek 2m, 4m, 6m ve 8m yüksekliklerinde yatay ve düşey kesitleri ortaya çıkarılmıştır (Şekil 8).





Şekil 8. Farklı yüksekliklerde detaylı kesitler (A:2 m; B:4 m; C:6 m; D:8 m).

Mevcut verilere bağlı olarak, rölöve çizimleri ile Mızık Çamının istenilen bölgeleri ayrıntılı olarak çizilebilir ve ölçülenebilir. Herhangi bir hasarın oluşması durumunda rölöve ölçülerinden faydalanılarak, kesitlere bağlı hasar tespit paftası oluşturulabilir ve anıt ağacın aslına uygun restorasyonu sağlanabilir.

### 3.3. Doğruluk Analizi

Belgeleme çalışması neticesinde oluşturulan Mızık Çamı Tabiat Anıtının 3B modeline yönelik konumsal hatanın tespiti amacıyla doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi, totalstation cihazı kullanılarak elde edilen arazi koordinatlarının ve 3B dijital model üzerinden alınan test verilerinin değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Koordinatlandırma işlemi için kullanılmayan 10 adet kontrol noktası test verisi olarak seçilmiştir. Arazi çalışmaları aşamasında totalstation cihazı ile ölçülen test verilerine ait koordinatlar kesin değer olarak kabul edilmiştir. Test verilerinin kesin koordinat değerleri, 3B dijital model üzerinden elde edilen koordinat değerleri ile karşılaştırılarak, 10 adet kontrol noktasının x, y, z yönündeki karesel ortalama hataları

hesaplanmıştır. Tablo 2’de test verilerine ilişkin kesin koordinat değerleri ve 3B dijital model üzerinden elde edilen koordinat değerleri gösterilmiştir.

Tablo 2

Test verilerine ilişkin kesin koordinat değerleri ile 3B dijital model üzerinden elde edilen koordinat değerleri

Nokta No	Kesin Koordinat Değerleri (X)			3B Dijital Model Üzerinden Elde Edilen Koordinat Değerleri (L)		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
2	501.171	500.479	494.463	501.158	500.470	494.448
3	503.102	501.061	493.459	503.114	501.069	493.452
4	499.378	500.527	494.502	499.362	500.514	494.511
8	495.131	502.059	494.392	495.121	502.048	494.405
6	495.095	499.447	496.575	495.090	499.459	496.568
10	500.294	501.409	492.236	500.285	501.417	492.245
15	495.992	502.333	492.583	495.981	502.328	492.587
16	502.335	501.090	493.630	502.344	501.080	493.641
20	497.864	501.268	492.515	497.850	501.257	492.530
23	494.264	502.771	489.934	494.271	502.763	489.944

3B dijital model üzerinden elde edilen ait koordinat değerlerinden (L), totalstation cihazı ile ölçülen (kesin değer) koordinat değerlerinin (X) farkları alınarak Eşitlik 3.1 yardımıyla hata değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3’te hata ve hataların karesine ilişkin değerler gösterilmiştir.

$$V = L - X \quad (3.1)$$

Tablo 3

Hata ve hataların karesine ilişkin değerler

Nokta No	Vi Farklar (mm)			Vi Vi Farkların karesi (mm <sup>2</sup> )		
	Vx	Vy	Vz	Vx Vx	Vy Vy	Vz Vz
2	-13	-9	-15	169	81	225
3	12	8	-11	144	64	121
4	-16	-13	9	256	169	81
8	-10	-11	13	100	121	169
6	-5	12	-7	25	144	49
10	-9	8	9	81	64	81
15	-11	-5	4	121	25	16
16	9	-10	11	81	100	121
20	-14	-11	15	196	121	225
23	7	-8	10	49	64	100

3B dijital modelin x,y,z koordinatlarında ortalama konum hatası farkların karesi (ViVi) ve nokta sayısı (n) dikkate alınarak Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanmıştır. Tablo 4’ te 3B dijital modele yönelik doğruluk araştırması sonuçları gösterilmiştir.

$$m = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} \quad (3.2)$$

Tablo 4  
3B dijital modele yönelik doğruluk araştırması sonuçları

<b>Karasel Ortalama Hata (mm)</b>				
<b>n</b>	<b>mx</b>	<b>my</b>	<b>mz</b>	<b>mxyz</b>
10	11.65	10.29	11.48	19.33

n: Nokta sayısı, mx: X koordinatında karesel ortalama hata, my: Y koordinatında karesel ortalama hata  
mz: Z koordinatında karesel ortalama hata, mxyz: x,y,z koordinatlarında ortalama hata

Doğruluk analizi sonucunda 3B dijital modelin X yönündeki karasel ortalama hatası 11.65 mm, Y yönündeki karasel ortalama hatası 10.29 mm, Z yönündeki karasel ortalama hatası 11.48 mm ve x,y,z koordinatlarındaki ortalama konum hatası  $\pm 19.33$  mm olarak bulunmuştur.

#### 4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Modern dijital çağın önemli bir bileşeni olan 3B modelleme teknolojisi, kültürel mirasın belgelenmesi, korunması, yeniden inşası, 3B baskılarının oluşturulması ve sanal ortamlarda görselleştirilmesi gibi farklı amaçlar için önemli bir ilgi odağı haline gelmiştir. Bu çalışmada anıt ağaçların, fotogrametri tekniğine dayalı olarak düşük maliyetli bir ölçüm ve yüksek çözünürlüklü dijital 3B modellerin elde edilmesini sağlayan bir yaklaşım sunulmuştur. İş akışı Kütahya ili, Domaniç ilçesi, Domur Köyü'nde yer alan Mızık Çamı Tabiat Anıtına uygulanmış ve anıt ağacın 3B dijital modeli yersel fotogrametri tekniği ile düşük maliyet, yüksek çözünürlük ve  $\pm 19.33$  mm konum doğruluğunda oluşturulmuştur. Doğruluk analizi sonuçları dikkate alındığında 3B dijital modelin, koruma uzmanlarca gerçekleştirilebilecek restorasyon çalışmalarında ve zamanla anıt ağaç üzerinde meydana gelebilecek bozulmaların belirlenmesinde referans bir altlık olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Çalışmada veri kaynağı olarak akıllı telefon ile çekilmiş fotoğraflar kullanılmıştır. Akıllı telefonlar nispeten ucuz, küçük ve taşınabilir, bu da veri toplama verimliliğini büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu bağlamda çalışma ülkemizde bir ilki teşkil etmekte olup, fotogrametri tekniği ile anıt ağaçların 3B modellenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştiren araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte, anıt ağaçların korunması ve yönetimi, peyzaj planlaması ve tasarımı için bilimsel referans oluşturacak bir çalışma niteliğindedir. Çalışmanın sonuçları, anıt ağaçların 3B dijital dokümantasyonu ve analizi çalışmalarında fotogrametri tekniğinin doğruluk ve ürün çeşitliliği açısından büyük avantajlar sağladığını, bununla birlikte fotogrametrik yaklaşımın farklı disiplinlere de çözümler sunabileceğini ortaya koymuştur.

Çalışmada açıklanan yaklaşım ve çalışmanın sonuçları dikkate alınarak geleceğe yönelik bazı öneriler getirilmiştir:

- Mızık Çamı Tabiat Anıtının dijital ortama aktarılarak kayıt altına alınması, anıt ağacın gelecek nesillere aktarılmasına ve çok daha geniş bir kitlelere tanıtılmasına imkân sağlayacaktır.
- Anıt ağaç üzerinde zamanla meydana gelebilecek deformasyonların tespitinde ve koruma uzmanlarınca gerçekleştirilecek restorasyon çalışmalarında fotogrametri tekniğine dayalı 3B dijital modelin referans veri olarak kullanılabilirliği.
- Fotogrametik dijital modellerin, 3B sanal ortamlara entegrasyonu sağlanarak kültürel miras eserleri daha erişilebilir ve kapsayıcı hale getirilebilecektir.

Gelecek çalışmalarda kültürel mirasın artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, web tabanlı görselleştirme ve 3B baskı teknolojilerine entegrasyonun sağlandığı uygulamalar gerçekleştirilecektir.

#### Kaynaklar

- Asan, Ü. (1987). Türkiye ormanlarında saptanabilen anıt nitelikli ağaçların dünyadaki benzerleriyle karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37(2).
- Asan, Ü. (1991). Doğal ve Kültürel Miraslarımızdan Anıt Ağaç ve Ormanlarımız. *Yeşil Çerçeve*, 6, 22-24.

- Briffa, K. R. (2000). Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5), 87-105.
- Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S., Oğuz, G. M., Kanun, E. (2020). SfM Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelemesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.
- Díaz-Varela, R. A., De la Rosa, R., León, L., Zarco-Tejada, P. J. (2015). High-resolution airborne UAV imagery to assess olive tree crown parameters using 3D photo reconstruction: application in breeding trials. *Remote Sensing*, 7(4), 4213-4232.
- Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L., Carbonneau, P. E. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(4), 421-430.
- Huang, H., Tang, L., Chen, C. (2015). A 3D individual tree modeling technique based on terrestrial LiDAR point cloud data. In 2015 2nd IEEE international conference on spatial data mining and geographical knowledge services (ICSDM) (pp. 152-156).
- Iglhaut, J., Cabo, C., Puliti, S., Piermattei, L., O'Connor, J., Rosette, J. (2019). Structure from motion photogrammetry in forestry: A review. *Current Forestry Reports*, 5(3), 155-168.
- Liang, X., Jaakkola, A., Wang, Y., Hyypä, J., Honkavaara, E., Liu, J., Kaartinen, H. (2014). The use of a hand-held camera for individual tree 3D mapping in forest sample plots. *Remote Sensing*, 6(7), 6587-6603.
- Maravelakis, E., Bilalis, N., Mantzourou, I., Konstantaras, A., Antoniadis, A. (2012). 3D modelling of the oldest olive tree of the world. *IJCER*, 2(2), 340-347.
- Mohan, M., Silva, C. A., Klauberg, C., Jat, P., Catts, G., Cardil, A., ... & Dia, M. (2017). Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest. *Forests*, 8(9), 340.
- Rahlf, J., Breidenbach, J., Solberg, S., Næsset, E., Astrup, R. (2017). Digital aerial photogrammetry can efficiently support large-area forest inventories in Norway. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 90(5), 710-718.
- Remondino, F., Rizzi, A., Girardi, S., Petti, F. M., Avanzini, M. (2010). 3D Ichnology—recovering digital 3D models of dinosaur footprints. *The Photogrammetric Record*, 25(131), 266-282.
- Shum, H. Y., Ke, Q., Zhang, Z. (1999). Efficient bundle adjustment with virtual key frames: A hierarchical approach to multi-frame structure from motion. In Proceedings. 1999 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition (Cat. No PR00149) (Vol. 2, pp. 538-543). IEEE.
- Torres-Sánchez, J., de Castro, A. I., Pena, J. M., Jimenez-Brenes, F. M., Arquero, O., Lovera, M., Lopez-Granados, F. (2018). Mapping the 3D structure of almond trees using UAV acquired photogrammetric point clouds and object-based image analysis. *Biosystems Engineering*, 176, 172-184.
- Uslu, A., Polat, N., Toprak A.S., Uysal, M. (2016). Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi Örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 165-176.
- Uslu, A. (2021). Kültürel Mirasın Kullanıcı Merkezli Etkileşimli Deneyimi için Bütünsel Bir Uygulama: 3B Baskı, Artırılmış Gerçeklik ve Web Tabanlı Görselleştirme Kombinasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat Special Issue 2021 (ICAENS), 1291-1295.
- Uslu, A. ve Uysal, M. (2021). Kitle kaynaklı fotoğraflar kullanılarak kültürel mirasın üç boyutlu modellenmesi ve web tabanlı görselleştirilmesi: Afrodisias- Tetrasyon örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(3), 632-639.
- Uzun, Ö. ve Gül, A. (2017). Fotoğraf yardımı ile 3 boyutlu ağaç modellenmesinde uygun programın araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 621-631.
- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- Wu, C., He, L., Du, X., Chen, S. (2014). 3D reconstruction of Chinese hickory tree for dynamics analysis. *Biosystems Engineering*, 119, 69-79.
- Zarco-Tejada, P. J., Diaz-Varela, R., Angileri, V., Loudjani, P. (2014). Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. *European Journal of Agronomy*, 55, 89-99.
- Zhang, Y., Wu, H., Yang, W. (2019). Forests growth monitoring based on tree canopy 3D reconstruction using UAV aerial photogrammetry. *Forests*, 10(12), 1052.

Zhou, X., Wang, W., Di, L., Lu, L., Guo, L. (2020). Estimation of Tree Height by Combining Low Density Airborne LiDAR Data and Images Using the 3D Tree Model: A Case Study in a Subtropical Forest in China. *Forests*, 11(12), 1252.

URL-1. <http://www.domanic.gov.tr/mizik-cami>, (15.09.2021).

URL-2. <https://spectrageospatial.com>, (25.12.2021).

URL-3. <http://www.theia-sfm.org/sfm.html>, (25.12.2021).

# Orman Yolunda Uygulanan Yeni Tip Çelik Köprü (Vize Orman İşletme Müdürlüğü Örneği)

Tolga ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, Hüseyin DOĞAN<sup>2</sup>, Onur BAŞAR<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 34473, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Makine ve İkmal Şube Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>ViaCon İnşaat Müh. San. Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye

## Makale Tarihi

Gönderim: 13.10.2021

Kabul: 29.01.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Ülkemizin 60 yıllık planlı kalkınma döneminde, ormanlar da etkin bir şekilde işletmeye açılmıştır. Bu alanlardan, fonksiyonel ormancılık kapsamında, efektif bir şekilde yararlanılması için orman yol ağı planları oluşturulmuştur. Orman yolları; odun üretimi, ağaçlandırma, silvikültürel uygulamalar, yangınla mücadele, koruma, rekreasyonel uygulamalar gibi tüm ormancılık çalışmalarında kullanılan ana ulaşım tesisleridir. Orman yol ağları planlanırken çevre duyarlılığı ve fonksiyonel ormancılık çalışmalarının göz önünde bulundurulması gerekir. Orman yollarının uzun süreli hizmet verebilmesi için planlama, yapım ve bakım çalışmalarının iyi bir şekilde yapılması önemlidir. Orman yollarının korunması ve ulaşımına sürekli açık tutulması amacıyla; koruma duvarları, büzler, menfezler, köprüler gibi sanat yapılarının tesis edilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde orman yolu üzerinde ilk defa inşa edilen çelik köprünün yapımı incelenmiştir. Bu tip köprülerin yapım teknikleri, orman yollarına uygunluğu araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Orman yolu, drenaj yapısı, çelik köprü

## New Type Steel Bridge Applied on the Forest Road (the Case of Vize Forest Enterprise Directorate)

<sup>1\*</sup>Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 34473, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>Istanbul Regional Directorate of Forestry, Machinery and Supply Branch, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>ViaCon Construction Engineering Industry Trade Inc., Istanbul, Turkey

## Article History

Received: 13.10.2021


Accepted: 29.01.2022


Published: 15.04.2022


## Research Article

**Abstract** – During the 60-year planned development period of Turkey, forests were also put into operation effectively. Forest road network plans have been created in order to make effective use of these areas within the scope of functional forestry. The forest roads are the main transportation facilities used in all forestry activities such as wood production, afforestation, silvicultural applications, fire fighting, forest protection, and recreational applications. Environmental awareness and functional forestry studies should be considered while planning forest road networks. In order for forest roads to provide long-term service, it is important that planning, construction and maintenance works are done well. In order to protect forest roads and keep them open to transportation, the protection and drainage structures such as protection walls, pipes, culverts, bridges should be established. In this study, the construction of the steel bridge, which was built for the first time on the forest road in Turkey, was examined. The construction techniques of steel bridges and their suitability for forest roads were investigated.

**Keywords** – Forest road, drainage structures, steel bridge

<sup>1</sup>  tozturk@iuc.edu.tr

<sup>2</sup>  huseyindogan@ogm.gov.tr

<sup>3</sup>  onur.basar@viacon.com.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Orman yolları; üretilen odun hammaddesinin taşınması, orman yangınları ile mücadele gibi görevleri yerine getiren, bunun yanı sıra planlanmaları teknik, çevresel, sosyal ve ekonomik koşulları dikkate almayı gerektiren mühendislik yapılarıdır. Ayrıca orman yol ağlarının tasarımı ve inşası, üretim operasyon planının en pahalı ve en fazla zaman alan kısmını kapsamaktadır (Şentürk vd., 2018). Ormanların teknik standartlara göre oluşturulması ve sürdürülebilir orman altyapısının geliştirilmesi göz önüne alındığında planlama ve yönetim aşamalarında orman yollarına özel önem verilmesi gerekmektedir (Eskandri ve Hosseini, 2013). Orman yollarının uzun süreli, emniyetli ve çevresel açıdan sağlıklı bir şekilde hizmet vermesi çok önemlidir.

Orman yangınlarıyla mücadelede yollar; yangın emniyet yol ve şeritleriyle birlikte kullanılan ana tesislerdir. Yolların özellikle yangına hassas olan bölgelerde sürekli açık tutulması gerekmektedir. Tek bir kapalı yolun bile ulaşım sistemi üzerinde etkisi olmasının yanında ormancılıkla ilgili diğer sosyal faaliyetleri de etkileyebilir (Kalantari ve Folkson, 2013).

Orman yolları, yüzeyine gelen yağmur / kar sularından ve yolların karşılaştığı akarsu havzalarından gelen suların etkilenir (Bayoğlu ve Hasdemir, 1991). Yol yüzeyinin yağış suyu nedeniyle sürekli ıslak kalması ve bu suyun drenajının sağlanamaması durumunda, özellikle odun üretim faaliyetleri sonrasında ağır kamyonların geçişi ile yol yüzeyinde büyük deformasyonlar meydana gelmektedir. Bunun yanında, akarsu geçişlerinde drenaj yapılarının yapılmaması da yolun akarsu önünde bir set oluşturmaya ve yol dolgusunun zamanla çökmesine neden olmaktadır. Büz, menfez, kasis ve köprü gibi drenaj tesisleri, suyun tüm olumsuz etkilerine karşı orman yollarını korumayı sağlamaktadır (Öztürk, 2020).

Orman yolları boyunca yolun küçük dere havzalarını kestiği yerlerde; genellikle dairesel kesitli hazır büzler, sepet kulplu büzler, tabliyeli menfezler ve plak menfezler dere akımının yolun altından geçmesi için yeterli olmaktadır. Dere debilerinin artması ile bazı durumlarda çiftli büz veya iki gözlü kutu menfezler inşa edilebilir. Bunların da yeterli ve ekonomik olmadığı durumlarda büyük menfezler ve köprüler inşa edilmektedir. Orman yollarında köprüler; dere akımına, kullanım şekline ve bir yolun geçici veya devamlı kullanılıp kullanılmadığına göre dizayn edilir (Turton vd., 2009). Orman yollarında köprüler zamansal akışa göre farklı malzeme ve tekniklerle yapılmıştır. Ormancılık çalışmalarının yeni geliştiği dönemlerde, akarsu geçişlerinde ahşap köprüler kullanılmıştır. Teknolojinin ve malzeme bilgisinin gelişimine paralel olarak zamanla köprülerde kullanılan malzemeler de değişiklik göstermiştir. Günümüzde ülkemizde orman yollarında betonarme köprüler yoğun olarak tercih edilmektedir. Bunun yanında dünya genelinde; ahşap, çelik ve portatif köprüler de kullanılmaktadır.

Portatif köprüler; üretim alanlarında sürütücüler ve kamyonların dere yataklarından geçişini sağlamak amacıyla çelik, lamine ahşap gibi malzemelerden inşa edilmektedir. Lamine ahşap köprüler üzerinden 18000 kg'a kadar araçlar geçebilmektedir (Taylor ve Murphy, 1992; Taylor vd., 1999). Portatif köprülerin yapım zamanları oldukça kısadır. Bu köprüler 10-15 m uzunluğunda birkaç panelin yan yana konmasıyla oluşturulurlar (Sessions, 2007). Orman yollarında kullanılan portatif çelik köprüler ise dere yatağının her iki tarafında hazırlanan anroşman alanları üzerine yerleştirilmektedirler. Küçük dere yataklarında ayrıca bir köprü ayağı inşa edilmeye gerek duyulmamaktadır. Çelik prefabrik levhalar bu anroşmanlar üzerine oturtularak araçların geçişine olanak sağlanmaktadır. Çelik betonarme köprüler üzerine ayrıca ahşap kaplama da yapılabilmektedir (Jani, 2000).

Bu çalışmada İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Vize Orman İşletme Müdürlüğü'nde yer alan bir orman yolu üzerinde yapılan çelik betonarme karışımı köprü yapımı incelenmiştir. Bu köprü ülkemizde orman yolları üzerinde ilk kez yapılan bir köprü türüdür. Bu açıdan köprünün yapım tekniği, teknik yapısı, orman yollarına uygunluğu ve kullanımı incelenmiş, yapılan çalışmalar sonucunda çeşitli sonuç ve öneriler ortaya konmuştur.

## 2. Orman Yollarında Kullanılan Köprüler

Orman yollarında inşa edilen hidrolik sanat yapılarından dayanak açıklığı 6,00 m'ye kadar olanlar menfez, büyük olanlar ise köprü olarak adlandırılır. Karayollarında ise akarsu, yol ve benzeri engelleri aşmak için inşa edilen ve dayanak açıklığı köprü eksenini boyunca 10 m'den büyük olan yapıları köprü denilmektedir. Köprüler; malzeme, mekanik sistem, kullanım, giriş şekilleri, plandaki durum ve hizmet süresi yönünden farklı sınıflara ayrılabilir (Tablo 1) (Erdaş, 1997; Özçelik, 1982).

Tablo 1

## Köprülerin sınıflandırılması

<b>İnşa edildiği malzemeye göre köprüler</b>			
Ahşap köprüler	Taş köprüler	Çelik köprüler	Betonarme köprüler
<b>Mekanik sistemlerine göre köprüler</b>			
Basit tek açıklıklı köprüler	Sürekli açıklıklı köprüler	Kemer köprüler	
<b>Kullanış amacına göre köprüler</b>			
Demiryolu köprüleri	Kanal köprüleri	Yaya köprüleri	
<b>Plandaki şekillere göre köprüler</b>			
Dik köprüler	Verev köprüler	Kavis köprüler	
<b>Hizmet süresine göre köprüler</b>			
Geçici köprüler		Devamlı köprüler	

Tabliyeli köprüler harçlıtaş veya beton ayaklar üzerine oturtulan ahşap, betonarme veya çelik şeklindeki taşıyıcı elemanlardan oluşmaktadır. Köprü yapı malzemesinin seçiminde; dayanak açıklığı ve yüksekliği, istenen dayanma süresi, dolgu derinliği, yapım ve bakım masrafları gibi durumlar göz önüne alınır. Tüm bu kriterler doğrultusunda seçilen yapı malzemelerine göre mukavemet hesapları yapılarak köprü inşaatı gerçekleştirilir (Bayoğlu, 1997).

Orman yolları için köprü inşaatları ile ilgili olarak genel esaslar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Köprüler yeterli yükseklikte ve dayanak açıklığında olmak üzere; bir dere mecrasını geçerken köprüyü kullanacak olan araç yüklerine mukavemet edebilmelidir.
- Köprülerin maliyeti düşük olmalıdır.
- Kenar ayakları sağlam zemine oturmalıdır.
- Köprü inşaatlarında maliyet, köprü boyutlarına bağlı olduğu için mümkün olduğunca, köprüler dar mecralara yapılmalıdır. Bu sayede köprü kenar ayaklarının birbirine yakın olması ve köprü yüksekliğinin az olması sağlanmalıdır.
- Köprü serbest açıklığı maksimum debiyi geçirebilecek büyüklükte olmalıdır.
- Köprü inşaatlarında dere yatağının tabanı değiştirilmemelidir.
- Orman yollarında uygulanan köprüler akarsuyun akış yönüne dik olarak yapılmalı ve böylece köprü ayaklarının akarsu akış yönüne paralel olması sağlanmalıdır.
- Yol eksenine dik olmayan verev köprülerin inşa maliyetleri yüksektir. Çünkü bu yapıların kenar ayakları ve taşıyıcı elemanları daha uzun olarak inşa edilmek zorunda kalmaktadır.
- Orman yolu üzerinde bulunan kurplarda köprü inşasından mümkün olduğunca kaçınmak gerekir. Bu tür alanlarda ara ayak sayısının daha fazla olması yanında ara ayaklarda dış kenarın yükseltilmesi gerekmektedir.
- Orman yollarında kullanılan köprülerde eğim %5'i geçmemelidir.

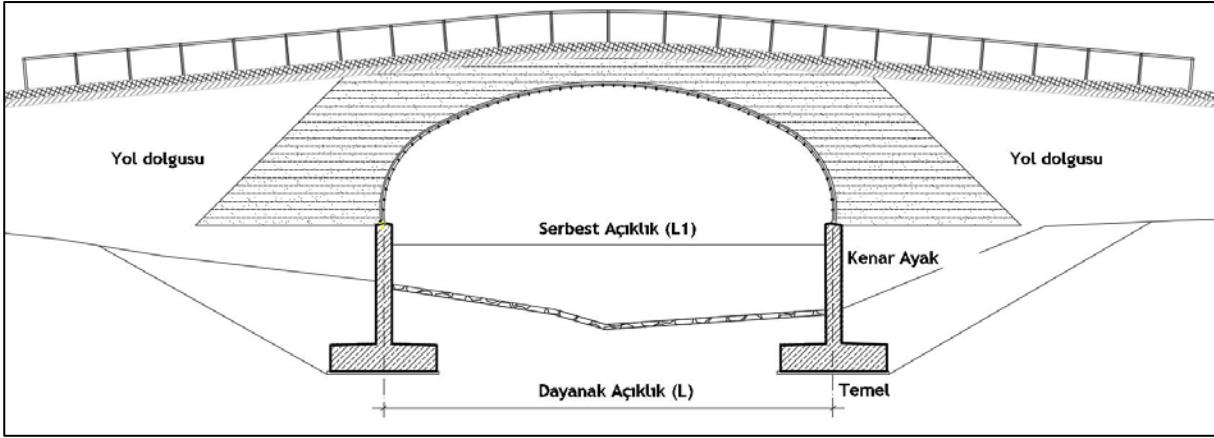
Köprü tabliyesinin alt kotu ile yüksek su seviyesi arasındaki hava payı kök ve kütük sürükleyebilen akarsularda belirli boyutlarda olmalıdır (Bayoğlu, 1997).

## 2.1. Köprü Altyapısı

Yol üzerine inşa edilen bir köprüde altyapı; tabliyenin üzerine oturduğu mesnet bandı ile kenar ayakları, eğer kullanılmışsa ara ayaklar, kanat, ricat duvarları ve tüm bunların temellerinden meydana gelmektedir. Akarsu üzerine yapılan köprünün toprak tarafında bulunan iki ayağa "kenar ayak" ismi verilmektedir. Çok açıklıklı köprülerde kenar ayakları arasında yer alan ayaklara "ara ayak" denmektedir. Köprülerde karşılıklı iki ayak



arasındaki uzaklığa “serbest açıklık ( $L_1$ )”, taşıyıcı elemanların dayanak noktaları arasındaki uzaklık ise “dayanak açıklığı ( $L$ )” olarak anılmaktadır (Şekil 1). Köprülerde serbest açıklık debusenin tayin edilmesinde, dayanak açıklığı ise mukavemet hesaplarında göz önüne alınmaktadır. Serbest açıklıklar ile ara ayak kalınlıklarının toplamı köprünün uzunluğunu belirlemektedir.



Şekil 1. Dayanak açıklığı ve serbest açıklığın belirlenmesi

### 3. Materyal ve Metot

#### 3.1. Materyal

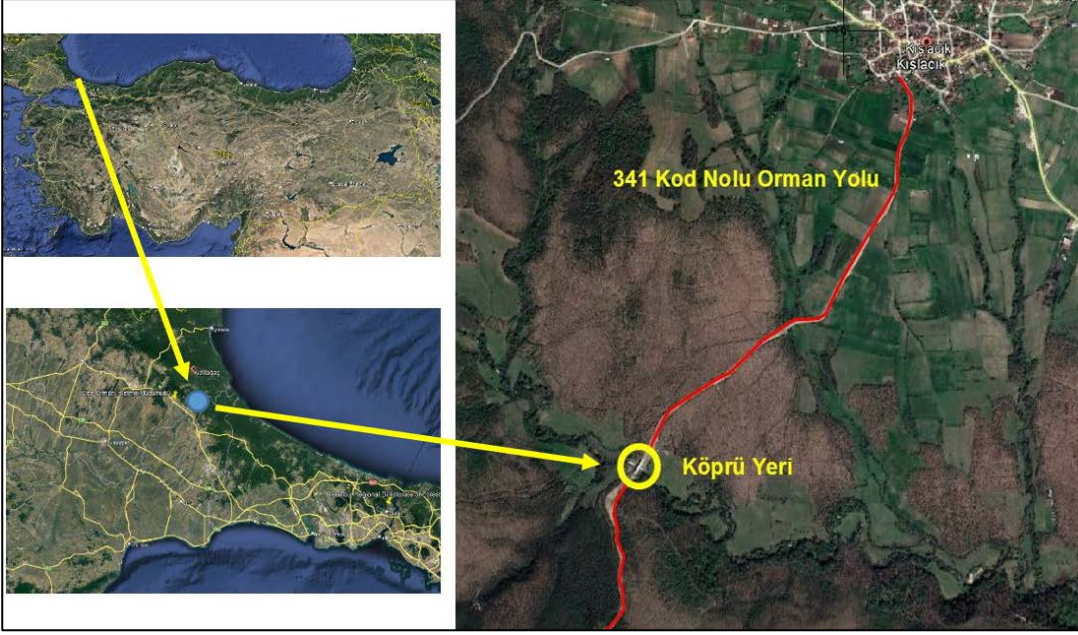
Araştırma alanı olarak İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Vize Orman İşletme Müdürlüğü'nde yer alan Kışlacık Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki 341 kod nolu orman yolu üzerinde inşa edilen çelik köprü seçilmiştir (Şekil 2). Vize Orman İşletme Müdürlüğü, Kırklareli ili sınırları içindeki Vize ilçesinde kurulmuştur. Kuzeyi Karadeniz ve Demirköy Orman İşletme Müdürlüğü, doğusu Karadeniz ve Tekirdağ Orman İşletme Müdürlüğü; batısı ve güneyi Kırklareli Orman İşletme Müdürlüğü ile çevrilidir. Vize İşletmesi 27.58.43-28.14.65, Doğu Boylamları, 41.44.59-41.71.01 Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır.

Vize Orman İşletmesinin kuzeyi Istranca Dağlarının kayın ve meşe karışık yapraklı ormanları ile kaplıdır. Bölge coğrafi ve iklim bakımından Marmara Bölgesi içinde yer alır. Ancak; geniş bir saha olduğundan iç kısımlarda yazları sıcak, kışları iç kısımlar daha soğuk, sahile bakan kısımlar iç kısımlara nazaran ılımandır (URL 1). Bölgenin yıllık toplam yağış miktarı 580.3 mm olup, yıllık en yüksek sıcaklık verisi 42,5 °C, en düşük sıcaklık ise -15.8 °C'dir (URL 2).

#### 3.2. Metot

Kışlacık Orman İşletme Şefliğindeki 341 nolu orman yolu üzerinde yapılan köprü inşaatı; orman yolu ile Urgaz Deresinin kesiştiği yerde planlanmış ve inşa edilmiştir. Havzanın sularını toplayan Urgaz Deresi yıl boyunca akan bir deredir. Bu akarsu yatağı ile kesişen orman yolunun akarsu yatağına doğru geliş eğimi %13 olup, akarsudan çıkış eğimi %14 dür. Akarsu yatağında yer alan köprüye doğru geliş ve çıkış eğimleri orman yolları için kabul edilebilir eğim sınırları dışında (%2 - %8) kaldığı için bu yolu özellikle ağır tonajlı araçların kullanımı oldukça zordur. Bu amaçla orman yolunun akarsu ile kesiştiği yerde; ülkemizdeki orman yollarında ilk defa yapımı gerçekleştirilen çelik köprü ve köprünün yaklaşım dolguları yolun eğimini istenen sınırlar içerisine çekmiştir.

Köprünün temel ve ayakları betonarme olarak inşa edilmiştir. Köprü üst yapısını oluşturan taşıyıcı elemanlar ViaCon firmasının imal ettiği SuperCon çelik yapılar ile yapılmıştır. Köprü bir yandan betonarme diğer yandan da çelik kemer köprü olarak adlandırılabilir. Bundan dolayı orman yollarında ilk defa kullanılan bu yapı tekniğine hibrit köprü ismi de kullanılabilir. Çalışmada orman yolu üzerinde yapılan bu çelik köprünün tüm yapım aşamaları incelenmiş ve uygulanan bu köprü tipinin orman yollarına uygunluğu araştırılmıştır.



Şekil 2. Araştırma alanı

#### 4. Bulgular

Kışlacık Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki 341 kod nolu orman yolunun akarsu havzasına doğru gelen eğimi %13 olup, akarsuyu geçtikten sonra yol sırtı doğru %14 eğimle yükselmektedir. Akarsu yatağı sürekli su taşıyan bir yapıda olup, bu haliyle araçların güvenli geçişi mümkün değildir (Şekil 3). Aynı zamanda, yüksek tonajlı araçlar; köprü yapılmadan önce eğimi yüksek bu orman yolunu kullanamamıştır.



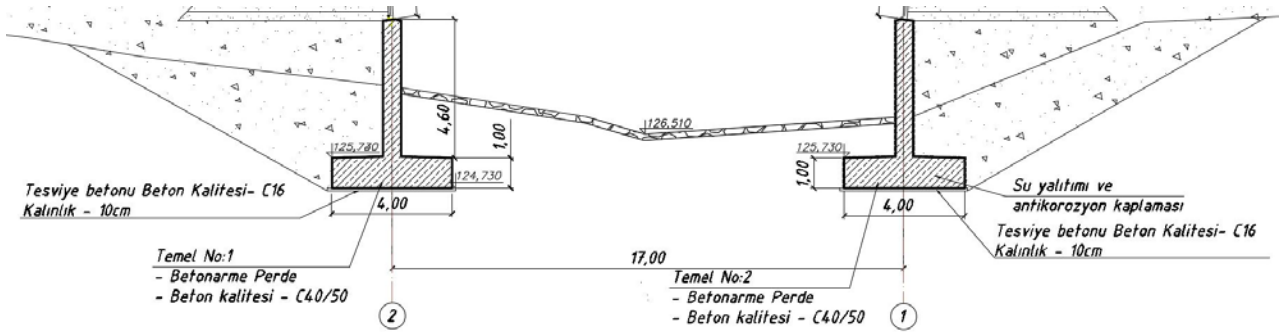
Şekil 3. Çelik köprü yapım yerinin inşaat öncesi görüntüsü

Bu orman yolu üzerinde planlanan ve inşa edilen çelik köprünün yapımı farklı aşamalardan oluşmuştur. Öncelikle temel ve köprü ayakları betonarme olarak inşa edilmiştir. Köprü temelini uzunluğu 8,70 m, genişliği 4,00 m ve temel yüksekliği 1,00 m olarak inşa edilmiştir. Temelin alt kısmına 0,10 m yüksekliğinde temel altı tesviye betonu atılmıştır. Temel üzerine inşa edilen betonarme ayakların uzunluğu 7,60 m, genişliği 0,60 m ve yüksekliği 4,60 m olarak yapılmıştır. Kenar ayaklarının hazırlanmasında akarsu yatağı değiştirilmemiş ve akarsu yatağına uygun bir şekilde kenar ayakları yerleştirilmiştir. Kenar ayakları betonarme olarak hazırlanması esnasında iç kısımlarına dolgudan gelen suyun drenajı açısından barbakanlar yapılmıştır. Kenar ayakları bitirdikten sonra betonu suyun etkisinden korumak için üzeri bitümlü malzeme ile kaplanmıştır (Şekil 4). Çelik köprüde alt yapıyı oluşturan bölümlerin kesiti detaylı olarak Şekil 5'te gösterilmiştir. Çelik köprü ile ilgili olan tüm boyutlandırma ve genel bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.



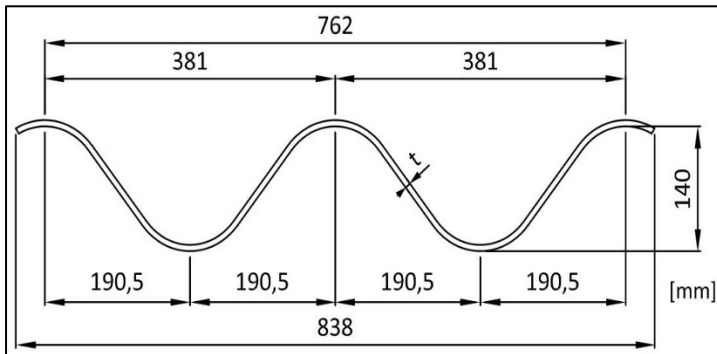


Şekil 4. Çelik köprü temel ve kenar ayaklarının betonarme olarak inşası



Şekil 5. Çelik köprü'nün betonarme temel ve kenar ayakları

Betonarme kenar ayaklar tamamlandıktan sonra 0,60 m genişliğindeki kenar ayaklarının tam orta kısmına 0,18 m genişliğinde çelik U profiller monte edilmiştir. Bu çelik profiller köprü üst yapısını oluşturacak olan SuperCor çelik yapının betonarme kenar ayaklar üzerine monte edilmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu çelik yapı korüğe bir şekilde imal edilmiştir. Çelik kalınlığı 6 mm olup, korüğe yapının üzeri galvaniz ile kaplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Korüğe çelik yapı ve betonarme ayak üzerine monte edilmesi

Tablo 2

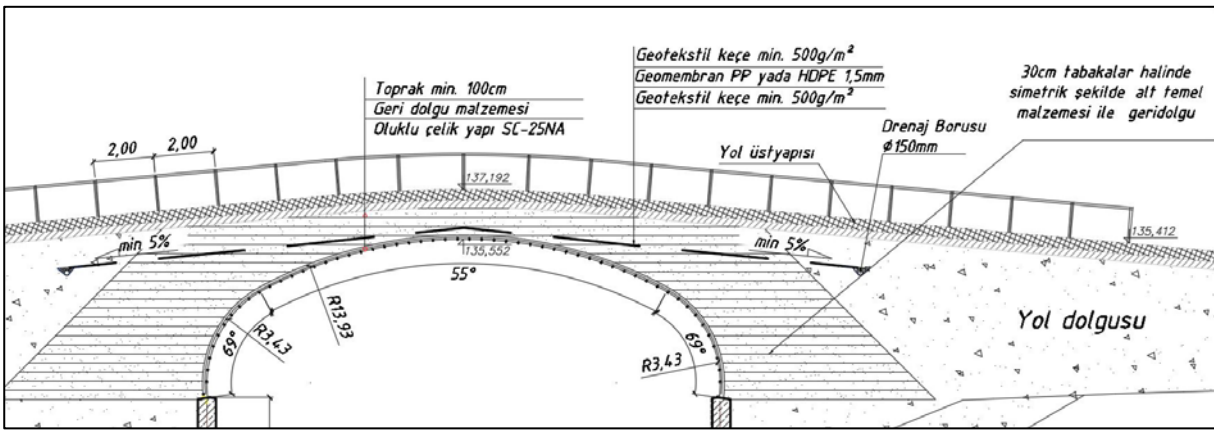
## Çelik köprü boyutları

<b>Köprü Bilgileri</b>	<b>Miktarlar</b>
<b>Köprü Üst Yapı Bilgileri</b>	
Köprü kaplama uzunluğu (m)	48,70
Köprü genişliği (m)	7,70
Köprü platform genişliği (m)	7,00
Dayanak açıklığı (m)	17,00
Serbest açıklık (m)	16,40
Köprü bordür genişliği (m)	0,35
Köprü bordür ortalama yüksekliği (m)	0,25
Köprü yüksekliği (m)	8,70
Köprü üstü boyuna eğimi (%)	5
Köprü üst yapısı dolgu yüksekliği (m)	1,50
Yaklaşım dolgularının eğimi (%)	2
Köprü giriş yaklaşım dolgusu uzunluğu (m)	77,10
Köprü giriş yaklaşım dolgusu ortalama genişliği (m)	15,0
Köprü çıkış yaklaşım dolgusu uzunluğu (m)	43,10
Köprü çıkış yaklaşım dolgusu ortalama genişliği (m)	10,0
Korkuluk yüksekliği (m)	1,00
Köprü döşeme kilit taşı boyutları (uzun.xgen. x kal. (mm))	200x160x80
Köprü dolgu drenaj borusu çapı (cm)	15,0
<b>Taşıyıcı Çelik Yapı Bilgileri</b>	
Köprü taşıyıcı elemanı çelik yapının kalınlığı (mm)	6
Taşıyıcı eleman çelik yapının korüğe boyutları (mm)	381 x 140
Taşıyıcı çelik kaplama tipi	Galvaniz
Çelik özelliği	S355MC
Taşıyıcı çelik yapının oturduğu çelik plaka genişliği (mm)	180
<b>Köprü Kenar Ayak Bilgileri</b>	
Kenar ayaklarının yüksekliği (m)	4,60
Kenar ayaklarının uzunluğu (m)	7,60
Kenar ayaklarının genişliği (m)	0,60
<b>Temel Bilgileri</b>	
Temel yüksekliği (m)	1,00
Temel uzunluğu (m)	8,70
Temel genişliği (m)	4,00
Temel altı tesviye beton kalınlığı (m)	0,10
<b>Toprakarme Bilgileri</b>	
Prekast cephe paneli yüksekliği (m)	1,60
Prekast cephe paneli genişliği (m)	1,20
<b>Kaya Blokaj Bilgileri</b>	
Köprü ayakları koruma taş kaplama ort. yüksekliği (m)	2,00
Köprü ayakları koruma taş kaplama ortalama genişliği (m)	7,00

Köprü üst yapısı olarak kullanılacak korüğe çelik yapılar tek bir parça olarak değil farklı boyut ve açılarla fabrikada hazırlanmış ve arazide monte edilmiştir (Şekil 7). Çelik köprünün üst yapısının detaylı bir kesiti Şekil 8'de gösterilmiştir. Çelik köprü üst yapısının şekli, akım açısından çok önemlidir. 10, 25 ve 100 yıl tekerrür aralıklı yağışların köprünün altından sorunsuz geçebilmesi ve tehlike yaratmaması için bu yapı tekniğindeki köprünün kesit alanı normal betonarme köprü kesit alanına yakındır. Yapılan hesaplamalarla çelik köprünün kesit alanı 113,10 m<sup>2</sup>, aynı akarsu açıklığına betonarme bir köprü yapıldığı düşünüldüğünde bu betonarme köprünün kesitinin yaklaşık olarak 124,00 m<sup>2</sup> (17,00 m uzunluğunda, 7,30 m yüksekliğinde) olacağı hesap edilmiştir.



Şekil 7. Galvanizli körüğe çelikten çelik köprü taşıyıcı elamanların hazırlanması



Şekil 8. Çelik köprünün üst yapısının detaylı bir kesiti

Taşıyıcı elemanların hazırlanmasından sonra çelik köprünün sağ ve sol tarafında köprü genişliği kadar toprakarme yapıyı hazırlayabilmek için prekast cephe panelleri ile köprü yaklaşım dolgusunun yapılacağı alanlar belirlenmiştir. Orman yolunun mevcut eğimi yüksek olduğu ve bu eğimin düşürülmeye çalışıldığı için köprü tabliye yüksekliğine kadar dolgu yapılarak orman yolunun eğimi düşürülmüştür. Köprü yaklaşım dolgusu ve ayrıca köprünün çelik donatısı üzerine yapılan dolgu; 30 cm kalınlığında tabakalar halinde ve köprünün her iki yanında simetrik olarak aynı zamanda yapılmıştır. Tabakalar, silindir aracılığıyla sıkıştırılmış ve dolgu malzemesi olarak yaklaşık 12000,00 m<sup>3</sup> malzeme kullanıldığı hesaplanmıştır. Köprünün taşıyıcı elemanlarının üzerinde 1,50 m yüksekliğinde dolgu yapılmış ve köprü yan yüzeyleri prekast cephe panelleri ile kaplanarak dolgu güvenliği sağlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Toprakarme için prekast cephe panellerinin ve köprü yaklaşım dolguları için hazırlanması

Tüm bu çalışmalar bitirildikten sonra köprünün üzeri beton kilit taşları ile kaplanarak köprü yüzeyi ulaşımaya hazır hale getirilmiştir. Çelik köprünün kenarları ortalama 0,25 m yükseklik ve 0,35 m genişliğinde bordür



ile yükseltilmiştir. Bordürlerin üzerine 1,0 yüksekliğinde korkuluk yapılarak köprü güvenliği sağlanmıştır. Korkuluklar çelik malzemeden yapılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Çelik köprü korkulukları ve kilit taşı malzeme ile köprü üst yapısının oluşturulması

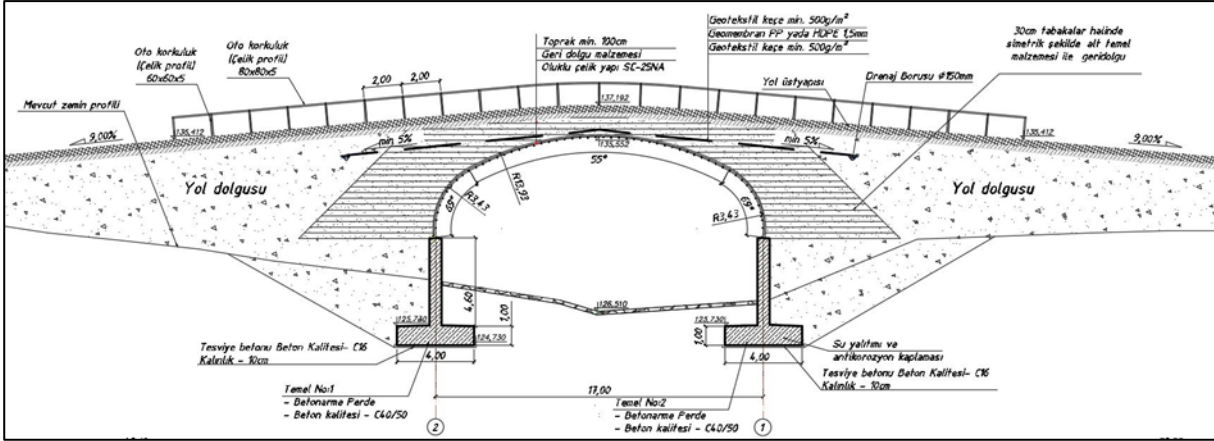
Çelik köprüünün üst kısmında tam orta noktadan boyuna olarak her iki yöne doğru %5 eğim verilmiştir. Köprüünün kaplama uzunluğu 48,70 m ve platform genişliği 7,0 m'dir. Köprüünün bir kenarındaki yaklaşım dolgusunun başlangıçtan köprü girişine kadar olan mesafesi 77,10 m, diğer tarafındaki yaklaşım dolgusunun uzunluğu ise 43,10 m olarak ölçülmüştür. Köprü çıkışlarından orman yoluna %2 eğimle bağlanılmıştır. Diğer bir ifade ile köprü yapılmadan önce akarsuyun bir tarafındaki %13 eğim ile diğer tarafındaki %14 yol eğimleri %2'ye düşürülmüştür. Eğimin bu kadar düşürebilmesi köprüünün kemer yapısının yüksekliğine bağlı olarak köprü yaklaşım dolgularının yapılmasıyla sağlanmıştır.

Çelik köprüünün kenar ayaklarının akarsudan gelen yağış sularından ve su içerisindeki taşıntı malzemeden korunabilmesi için kenar ayakların önüne taş blokajlar yapılmıştır. Yapılan blokajdaki taşların büyüklükleri 0.40 – 1,20 m arasında değişmektedir. Kenar ayaklarının korunması için yapılan taş blokajların ortalama uzunlukları 7,0 m, ortalama yükseklikleri ise 2,0 m'dir (Şekil 11). Çelik köprüünün kesiti Şekil 12'de verilmiştir. Aynı zamanda çelik köprüünün mevcut durumu Şekil 13'de gösterilmiştir. Günümüzde köprü, ulaşım sorunsuz bir şekilde hizmet etmektedir. Yapım yılı olan 2017 yılından bu yana çelik köprüünün alt ve üst yapısında herhangi bir deformasyon yaşanmamıştır.

Çelik köprüünün 2017 yılında yapılan yaklaşık maliyeti 439 521,00 TL olarak hesaplanmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın 05.07.2017 tarihindeki döviz kuruna (1 \$ = 3.5853 TL) göre hesaplanan maliyet 122 590 \$ olarak hesaplanmıştır (URL-3).



Şekil 11. Köprü yaklaşım dolgusunun ve taş blokajların hazırlanması



Şekil 12. Çelik köprünün kesit görüntüsü



Şekil 13. Çelik köprünün mevcut durumu

## 5. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde orman yollarının yeni yapıldığı yıllarda, köprülerin inşasında uzun süre ahşap malzeme kullanılmıştır. Malzeme bilgisinin ve teknolojinin gelişmesi ve aynı zamanda belli boyutlarda ahşap malzeme tedarikinin güçlüğü nedeniyle, uzun zamandır orman yollarında betonarme köprüler yapılmaktadır. Betonarme köprüler; yapım kolaylığı, uzun süreli hizmet vermesi, istenilen boyutta yapılabilmesi ve dayanıklılığı nedeniyle tercih sebebi olmaktadır. Bu çalışmada inşa edilen çelik köprü ise orman yollarında ilk defa kullanılan teknik ve malzeme seçimi ile ön plana çıkmaktadır.

Öncelikle makalenin konusunu oluşturan köprü, kemer köprü görünümünde olup, tek bir malzemedan değil betonarme ve çeliğin beraber kullanılması ile geliştirilmiştir. Bu çelik köprü tekniği, karayollarında son yıllarda kullanılmasına rağmen orman yollarında ilk defa kullanılmıştır. Ayakların betonarme olması suyun yıkıcı etkisine karşı köprünün daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Kemer şeklindeki çelik yapı, köprü kesit alanını arttırmaktadır. Bu durumda uzun vadede artabilecek debilerin köprüye zarar vermesi önlenmiştir. Tüm bunların yanında, orman yolu eğimlerinin akarsu geçişlerinde bu çalışma alanı gibi yüksek olduğu kesimlerde (%13 ve %14) köprünün kemer yapısı ile kazanılan yükseklik sayesinde yaklaşım dolguları



uzatılarak yolun eğiminin düşürülmesi sağlanmıştır. Bu durum dolgu miktarının artmasına neden olmakla birlikte; orman yolunun tüm araçlar için kullanılabilir olmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmanın ışığında aşağıdaki avantajlar ve dezavantajlar tespit edilmiştir:

- Uzun süredir ormancılık çalışmalarının fonksiyonlarına göre orman yollarının standartlarının artırılması gündemdedir. Orman yollarının uzun süreli ve güvenli bir şekilde hizmet verebilmesi için çelik köprüler gibi yeni yaklaşımların uygulanması; farklı malzeme ve yapım tekniklerinin gelişmesini sağlayacaktır.
- Çelik köprüler, betonarme köprülere göre daha kısa sürede yapılmaktadır.
- Betonarme köprülerde, tabliye üzerine dolgu yapılamadığından, yükseklikleri kadar yaklaşım dolgusunu karşılayabilirken, çelik köprülerde kemer yapının üzerine de dolgu yapılarak köprünün iki tarafındaki eğimi düşürmek mümkündür.
- Betonarme köprülerin imalatında betonda çatlakları önlemek için sulama zorunlu iken; çelik köprülerde sulama sorunu yoktur.
- Çelik köprüler betonarme köprülere göre %10 daha maliyetli olmaktadır.
- Çelik malzeme ile 1-3 m açıklıklarda kutu menfezler gibi sanat yapıları da inşa edilebilir.
- Çelik köprülerin kesit alanları, aynı boyuttaki betonarme köprüye yaklaşık olarak eşittir. Betonarme köprülerde tabliye ile ayakların birleştiği noktalarda köşe oluşurken; çelik köprülerin kemer şeklinden dolayı köşe bulunmamaktadır. Böylece akarsuyun taşıdığı kök, kütük, taş ve kaya gibi sürüntü materyal köprüye takılmadan rahatlıkla geçmektedir.
- Çelik köprülerde kemer yapıdan dolayı, betonarme köprüye göre daha fazla hava payı kalmaktadır.
- Betonarme köprülerin kullanıma geçmesi için betonun en az 28 günlük prizlenme süresi beklenmesi gerekirken; çelik köprülerde imalat bittiği anda kullanım mümkündür.
- Betonarme köprülerde sıcaklığın sıfırın altına düştüğü günlerde don tehlikesine karşı özel ve maliyetli yöntemlerle inşaatı devam edilebilir iken; çelik köprülerde dondan etkilenmeden inşaatı devam edilebilmektedir.
- Deprem yükleri altında çelik köprüler daha fazla esneyerek, yıkılmadan hizmet ederken; betonarme köprüler daha rijit olduğu için yıkılabilmekte, ya da esas kirişler ayakların üzerinden kayarak tabliyeye birlikte yere düşebilmektedir.
- Betonarme köprülerin imalatında; 20 metreyi geçen açıklıklarda; prefabrik ön gerilmeli esas kirişlerin orman yolu güzergâhlarında yer alan dar kurplardan taşınarak köprüye getirilmesi mümkün değilken; çelik köprüler modüler yapıda olduğundan taşıma sorunu yoktur.
- Çelik köprüler modüler yapıda olduğundan çürüyen, deforme olan malzeme sökülüp yenisiyle değiştirilebilirken; betonarme köprülerde çatlayan bir esas kirişten dolayı tüm üst yapının yenilenmesi gerekmektedir.
- Betonarme köprülerde tüm yük esas kirişler vasıtasıyla ayaklara binerken; çelik köprülerin kemer yapısı ve üzerine gelen dolgudan dolayı yük, yaklaşım dolgularına aktarılır.

## Kaynaklar

- Bayoğlu, S., Hasdemir, M. (1991). Selection and sizing of small hydraulic road structures established on forest roads. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, B41(3-4), 17-38.
- Bayoğlu, S. (1997). Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No. 434, İstanbul.
- Erdaş, O. (1997). Orman Yolları (Cilt II). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No.26, Trabzon.
- Eskandari, S., Hosseini, S.A. (2013). Assessment of drainage system standards of forest roads in Darabkola – Iran. Pol. J .Environ. Stud., 22(3), 675-682.



- Jani, M. (2000). Forestland Crossing: Assessment and Costs. Proceedings of the Salmon Habitat Restoration Cost Workshop, 71-80, 14-16 November 2000, Oregon, USA.
- Kalantari, Z., Folkson, L. (2013). Road drainage in Sweden: current practice and suggestions for adaptation to climate change. *Journal of Infrastructure System*, 19, 147-156.
- Özçelik, N. (1982). Orman Yolu Sanat Yapıları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No. 323, İstanbul.
- Öztürk, T. (2020). Temporal change of drainage structures in forest roads (Study of Bentler Forest Enterprise 2009-2019). *Eur. J. Forest Eng.*, 6(2), 52-59.
- Sessions, J. (2007). *Forest Road Operations in the Tropics*. Springer Book, USA.
- Şentürk, N., Akgül, M., Öztürk, T., Akay, A.O. (2018). Orman yollarında kazı-dolgu miktarlarının hesaplanmasında topoğrafik harita tabanlı geleneksel yöntem ile bilgisayar destekli yöntemin karşılaştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 618-626.
- Taylor, S.E., Ritter, M.A., Franklin, J.M., Morgan, P.A., Keliher, K.P. (1999). Portable timber bridge systems for forest roads. *Forestry Engineering for Tomorrow: Roads Proceedings of the International Conference on Forest Engineering*, 28-30 June 1999, Edinburg, Scotland.
- Turton, D., Anderson, S., Miller, R. (2009). *Best Management Practices for Forest Road Construction and Harvesting Operations in Oklahoma*. Oklahoma State University, Cooperative Extension Service, Forestry Extension Report 5, USA.
- URL-1 (2021). <https://istanbulobm.ogm.gov.tr/VizeOIM/Sayfalar/default.aspx> (25.09.2021).
- URL-2 (2021). <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KIRKLARELI> (01.10.2021).
- URL-3 (2021). [https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar\\_tr.html](https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html) (05.07.2017).

# Türkiye’de Büyük Gökmar Kabuk Böceği *Pityokteines curvidens* (Germ.) Zararlısının Mavi Ladin (*Picea pungens* Engelm.) Türünde İlk Kaydı

Beşir YÜKSEL<sup>1</sup>, Nuray ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 15.10.2021

Kabul: 10.01.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi



**Anahtar Kelimeler** – Düzce, *Pityokteines curvidens*, *Picea pungens*

**Öz** – Canlı bitki ve tohum ticareti, yabancı orijinli istilacı türlerin farklı ülkelere kolaylıkla taşınması ve yerli istilacı türlerin farklı besin kaynağına ulaşması yönleriyle önemli ekolojik sorunlardan biri haline gelmektedir. Düzce ili merkezinde park ve bahçelerde bulunan peyzaj düzenlemelerinde çokça kullanılan egzotik türlerden biri olan *Picea pungens* (Engelm.)’lerde 2020-2021 yılları arasında kurumalar olduğu tespit edilmiştir. Zarar gören ağaçlarda incelemeler yapılarak kabuk kısımları çok derin olmayacak şekilde bir bıçak yardımıyla kaldırılarak kilitli naylon buzdolabı poşetlerine konulmuş ve laboratuvara getirilmiştir. İnceleme sürecince zarar gören ağaçların fotoğrafları çekilmiştir. Laboratuvara getirilen böceklerin teşhis işlemleri ilgili kaynaklara bakılarak gerçekleştirilmiştir. *Picea pungens*, bu çalışmayla Büyük gökmar kabuk böceği *Pityokteines curvidens* (Germ.)’in konukçusu olarak Türkiye’de ilk kez tespit edilmiştir. *Pityokteines curvidens*, park ve bahçelerde süs bitkisi olarak kullanılan *Picea pungens*’lerde önemli bir zararlı olma potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle, *Pityokteines curvidens*’e yönelik tarama faaliyetlerinin devam edilmesi ve koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir.

# First Record of the Silver Fir Bark Beetle *Pityokteines curvidens* (Germ.) on Blue Spruce (*Picea pungens* Engelm.) in Turkey

<sup>1\*</sup>Duzce University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 81620, Duzce, Turkey

## Article History

Received: 15.10.2021

Accepted: 10.01.2022


Published: 15.04.2022

## Research Article

**Abstract** – Live plant and seed imports are becoming one of the important ecological problems in terms of transportation of non-native invasive plant pest species to different countries and the reach of native invasive pest species to different food sources. It has been observed drying on one of the exotic species *Picea pungens* (Engelm.) that is used as ornamental plants in city parks and gardens in Düzce between 2020-2021. Damaged trees were observed and the bark parts were removed with a knife, placed in locked bags and brought to the laboratory. Photos of damaged trees were taken. Identification of insects was carried out. This is the first report of *Pityokteines curvidens* (Germ.) on *Picea pungens* from Turkey. *Pityokteines curvidens* has a potential to be an important pest on *Picea pungens* which used as an ornamental plant in parks and gardens. Therefore, periodic monitoring of the population of *Pityokteines curvidens* should be continued and preventive measures should be taken.

**Keywords** – Duzce, *Pityokteines curvidens*, *Picea pungens*

<sup>1</sup>  besiryuksel@duzce.edu.tr

<sup>1\*</sup>  nurayozturk@duzce.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Kabuk böcekleri dünya genelinde oldukça geniş yayılışa sahip, iğne yapraklı ve bazen de geniş yapraklı ağaç türlerinde zarar yapan 6000'den fazla tanımlanmış tür sayısı ile *Coleoptera* takımının en kalabalık böcek gruplarından (Eroğlu vd., 2005; Hlásny vd., 2019).

*Scolytinae* (Coleoptera: Curculionidae) alt familyasının üyesi olan bu zararlı grubu bitkilerin odunlaşmış kısımlarında (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998), ölmüş ağaçlarda ve stres koşulları altında direnç mekanizması zayıflamış olan canlı ağaçlarda kolonize olmaktadır (Hlásny vd., 2019).

Kabuk böceklerinden kaynaklı ekonomik kayıp oranları azımsanmayacak büyüklüktedir. Örneğin, *Dendroctonus frontalis* (Zimmermann, 1868)'in 1977-2004 yılları arasında Amerika'nın güneyindeki kereste ticaretinde yaklaşık 375 milyon dolarlık ekonomik kayba neden olduğu tahmin edilmektedir (Pye vd., 2011). Çek Cumhuriyeti'nde 1993-1995 yılları arasında yüksek sıcaklıklardan kaynaklı aşırı kuraklık nedeniyle göknar ağaçlarında ekonomik kayıp meydana geldiği tespit edilmiştir (Urban, 1994). Elde edilen verilere göre kabuk böcekleri zararından dolayı kereste kaybı 1993-1995 yılları arasında 9,000 m<sup>3</sup> olarak belirtilmiştir. Yapılan bir araştırmaya göre Avrupa'da 1950-2000 yılları arasında meydana gelen ağaç ölümlerinin % 8'ine *Ips typographus* (Linnaeus, 1758)'un neden olduğu bildirilmiştir (Schelaas vd., 2003). Simülasyon modelleri ile bu zararın önümüzdeki 100 yıl içerisinde küresel ısınmanın da etkisiyle beraber Avrupa ormanlarını daha fazla etkileyeceği tahmin edilmiştir (Seidl vd., 2008). Bir başka çalışmada Amerika'nın Kolorado eyaletinde *Dendroctonus ponderosae* (Hopkins, 1902)'nin neden olduğu ekosistem hizmetleri kaybının yaklaşık 140 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (Cohen vd., 2016). En tehlikeli kabuk böceklerinden olan *Dendroctonus micans* (Kug.)'ın, 1963 yılında Gürcistan'da 100.000 ha'dan fazla *Picea orientalis* (L.) Link. meşceresine zarar verdiği bilinmektedir (Khobakhidze, 1967). Ülkemizde ilk kez 1966 yılında tespit edilen *D. micans* Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaklaşık 250,000 ha saf ve karışık ladin ormanını etkilemiştir (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Akıncı vd., 2003). Artvin ormanlarında 1992-1995 yılları arasında *D. micans*'a yönelik yapılan sörveylerde ağaçların yaklaşık %36'sının bu zararlı tarafından istila edildiğini göstermiştir (Eroğlu, 1995). 1999-2002 yılları arasında Slovenya'nın güney bölgelerinde kabuk böceği (*I. typographus*, *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus & C., 1760), *Pityokteines spinidens* (Reitter, 1894), *Pityokteines curvidens* (Germ) ve *Cryphalus piceae* (Ratz.) popülasyonlarının artmasıyla birlikte ağaç kesimlerinin de arttığı rapor edilmiştir (1999 yılında; 102,590 m<sup>3</sup>, 2000 yılında; 118,843 m<sup>3</sup>, 2001 yılında; 132,732 m<sup>3</sup>, 2002 yılında; 169,382 m<sup>3</sup>) (Titovšek, 1994; Anonim, 2002; Jurc vd., 2004).

Ormanlar üzerinde zarar yapan ve önemli ekonomik kayıplara neden olan böceklerden biri de Büyük göknar kabuk böceği (*P. curvidens*)'dir (Knizek, 1998; Sarıkaya ve Avcı, 2011). Ülkemizde esas olarak göknar (*Abies* Mill., 1754) ağaçlarında zarar yapmakla birlikte (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998) *Cedrus* sp. Duham., *Pinus nigra* Arnold ve *P. brutia* Ten.'da zararlı olduğu tespit edilmiştir (Wichmann, 1924; Schimitschek, 1937, 1944; Alkan, 1946; Defne, 1954; Çanakçıoğlu, 1956; Besçeli, 1969; Tosun, 1975; Sekendiz, 1982). *P. curvidens*, 2002-2003 yıllarında Bolu ve Aladağ Orman İşletmesi göknar ormanlarında yürütülen çalışmada etkin zarar yapan göknar kabuk böceklerinden biri olarak rapor edilmiştir (Serin vd., 2005). Sekonder zararlı olan bu tür, kolaylıkla çoğalarak primer zararlı hale gelebilmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Toper, 1999). *P. curvidens* ilk kez 1929 yılında Ayancık Orman İşletmesi İnatlı ve Kepez İşletme Şefliklerinde 60,000 m<sup>3</sup> lük göknar odun serveti kaybına neden olarak yayılış alanını genişletmeye başlamıştır (Defne, 1954; Toper, 1999). Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğünde 1995-1996 yıllarında 36,000 ha alanda 211,807 m<sup>3</sup> hasar meydana getirdiği rapor edilmiştir (Toper, 1999).

*P. curvidens* geniş bir ekolojik yelpazeye sahip olmakla birlikte özellikle orta Avrupa'da *Abies alba* (Mill.) ve diğer iğne yapraklı türlerin yayılış yaptığı alanlarda tespit edilmiştir. *Abies cephalonica* (Loudan) (Schedl, 1967), *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. (Schimitschek 1944), *Abies borisii regis* (Mattf.), *Abies bornmülleriana* (Mattf.), *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) gibi birçok göknar türünde bulunmuştur (Schedl, 1959; Chararas, 1978; Sarıkaya ve Avcı, 2002). Ayrıca, Japonya (Murayama, 1954; Nobuchi, 1974), Arjantin, Güney Afrika ve Grönland'da yayılış yaptığı bilinmektedir (Kleine, 1913; Bruch, 1914).

*Pityokteines* cinsinin çoğu türü göknar üzerinde bulunurken, bir Neartik bölge türü olan *Pityokteines ornatus* (Sweine, 1916), *Pinus ponderosa* (Douglas ex C.Lawson) ve *Picea pungens* (Engelm.) (Mavi ladin) gibi türler üzerinde bulunmuştur (Wood, 1982; Wood ve Bright, 1992).

Kuzey Amerika orijinli olan ve ülkemizde hemen her bölgede yetiştirilmekte olan *P. pungens*, piramidal formu ile park ve bahçelerde dekoratif amaçlı kullanılan peyzaj değeri yüksek egzotik türlerdendir (Kırdar vd., 2009). Küresel ticarete önemli olan birçok tür de dahil olmak üzere geniş konukçu yelpazesi olan kabuk böcekleri küçük yapılı oldukları için uluslararası ticaret yoluyla yeni ülkelere çok çeşitli konukçu dokuları içerisinde kolayca taşınabilmektedir (Haack, 2003).

Bu çalışmada Düzce ili park ve bahçelerde bulunan peyzaj amaçlı kullanılan *P. pungens* türünde 2020-2021 yıllarında böcek zararı olduğu tespit edilmiştir. Zarar gören bitkiden alınan kabuk örnekleri laboratuvara getirilerek stereoskopik mikroskop altında incelenmiş ve teşhis işlemleri yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Düzce ili park ve bahçelerde (40°50'26.52"N, 31°8'43.00"E; 40°50'21.11"N, 31°8'58.99"E; 40°50'14.05"N, 31°9'11.74"E; 40°50'28.42"N, 31°9'7.88"E; 40°50'23.71"N, 31°9'18.09"E; 40°49'44.57"N, 31°10'25.05"E; 40°50'50.24"N, 31°9'32.97"E; 40°50'36.88"N, 31°8'55.82"E; 40°49'48.79"N, 31°10'52.13"E; 40°50'32.55"N, 31°8'12.30"E; 40°51'39.5"N, 31°13'40.6"E) bulunan *P. pungens* türlerinde 2020-2021 yıllarında devam eden survey çalışmasıyla kurumalar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1). Toplamda 41 adet *P. pungens* ağacından 15 adedinde kuruma tespit edilmiştir. Zarar görülen *P. pungens*'lerden 20 x 40 cm'lik kabuk örnekleri alınmış ve birim alandaki yuva sayısı tespit edilmiştir. Fotoğrafları çekilen ve ayrı ayrı üzerinde tanımlayıcı özelliklerinin yazılı olduğu kilitli buzdolabı poşetlerine konularak Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı Laboratuvarına getirilen örneklerin, böcek yetiştirme odasında sabit koşullar altında (24-26 °C, %65-75 bağıl nem) biyolojik evreleri takip edilmiştir. Olympus SZ-4045 marka mikroskop yardımıyla böcek örnekleri incelenmiş ve ilgili kaynaklar kullanılarak teşhis edilmiştir (Grüne, 1979; Freude vd., 1981; Selmi, 1998).

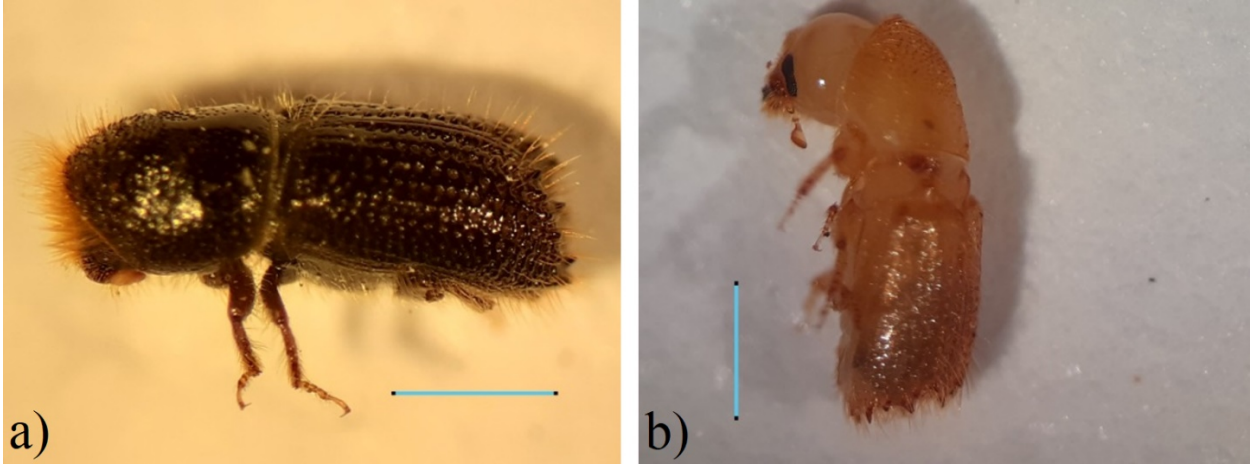


Şekil 1. *Pityokteines curvidens*'in ana ve larva yolları (a) ile zarar durumu (b).

## 3. Bulgular ve Tartışma

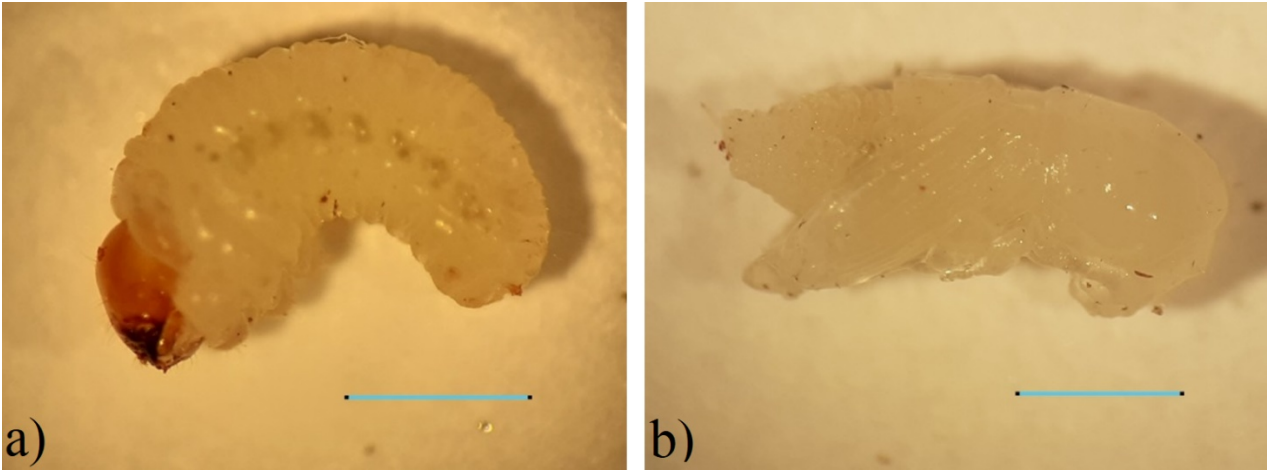
Yapılan teşhis işlemleri sonucunda *P. pungens*'lerde kurumalara sebep olan zararlının *P. curvidens* olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). *P. curvidens* bu çalışma ile Düzce ilinden ilk defa *P. pungens* türü üzerinde rapor edilmiştir.





Şekil 2. *Pityokteines curvidens* ergin (a) ve genç ergini (b).

Laboratuvara getirilen *P. pungens*'lerden alınan kabuk örneklerinde 20'şer adet larva, pupa ve ergin bireyde boy ölçümü yapılmıştır. Kabuk altındaki zararlı böceğin birim alandaki yuva sayısı 12,5 – 262,5 olarak hesaplanmıştır. Erginlerin boyları 2,3-3 mm arasında değişmektedir. Koyu kahve renkli olan bu böceğin üzerinde sarımsı kahverengi uzun kıllar mevcuttur. Genç erginler açık kahve renkli olup olgunlaştıkça koyu kahverengine dönmektedirler. Boyları 1,5-2 mm olan larvalar beyaz ve açık krem renklidirler. Kambiyumda krem renkli ve serbest pupa şeklinde tespit edilen pupalar 2,5-3.04 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. *Pityokteines curvidens*'in larva (a) pupası (b).

*P. pungens*'in literatürde ki zararlıları arasında dallarda kozalak benzeri gal oluşturan *Adelges abietis* (Linnaeus, 1758) ve *Adelges cooleyi* (Gill.) türleri yer almaktadır. Bu gal adalgidlerinin popülasyonları çok yoğun olmadıkça konukçuyu öldürmedikleri bilinmektedir (Gilman ve Watson, 1994). *Chionaspis pinifoliae* (Fitch) ve *Choristoneura fumiferana* (Clemens, 1865)'in *P. pungens*'in tomurcuk ve genç ibrelerinde zarar yaptığı rapor edilmiştir. Sitospora kanseri (*Leucostoma kunzei* (*Cytospora kunzei*)) de *P. pungens*'in dallarında kanser oluşumuna ve nihayetinde ölümüne neden olan hastalıklardan biridir (Anonim, 1996). Mevcut çalışma ile büyük göknar kabuk böceği (*P. curvidens*), *P. pungens* türünün yeni bir zararlısı olarak literatüre katkı sağlamıştır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma ile Düzce ili park ve bahçelerde bulunan ve kuruma gözlemlenen *P. pungens* üzerinde böcek zararı olduğu tespit edilmiştir. İlgili literatür kullanılarak yapılan teşhis ile zararlının *P. curvidens* olduğu belirlenmiştir. *P. curvidens*'in Türkiye' de *P. pungens*'deki varlığı bu çalışma ile ilk kez bildirilmektedir. Bu tespit ile büyük göknar kabuk böceği, *P. pungens* türünün literatürdeki zararlıları arasına girmiştir.

*P. curvidens* düşük rakımlarda agresif olup kitle üreme potansiyeli daha belirgin olduğundan sadece ülkemiz park ve bahçelerinde bulunan *P. pungens*'lerde değil aynı zamanda küresel düzeyde bu türün yüksek ve düşük rakımlı yayılışlarında ve plantasyonlarında önemli bir sorun olarak ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.

*P. curvidens* genellikle kuraklığı seven kabuk böceklerinden olup, özellikle 1000 m ve altındaki yükseltilerde yüksek sıcaklıkların etkisi ile beraber her zaman kitle üremesi yapabileceği bildirilmektedir (Serin vd. 2005). Düzce ilinde bulunan mavi ladin türünde zararlı böceğin varlığına dair periyodik sörveylerin yürütülmesi ve kontrol önlemlerinin zamanında alınması gerekmektedir. Bu çalışmalar, zararlının yayılış alanını ve zarar miktarının belirlenmesi açısından önemlidir. Sörveyler sonucu *P. curvidens* tarafından bulaşık olduğu tespit edilen mavi ladinlerin sağlıklı ağaçlara zarar vermemesi için kabuk kısımlarının soyularak yakılması bir koruyucu önlem olarak alınmalıdır. Böcek zararının tespit edildiği mavi ladinlerin etrafında potansiyel konukçu olabilecek bitkiler de feromon tuzakları ile sörveylerin sürdürülmesi gerekmektedir. Ayrıca bu türlerin park ve bahçelerde kullanımında ekolojik koşulların dikkate alınması gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Alkan, B. (1946). Kızılcahamam, Bolu (Aband ve Düzce) ormanlarında yapılan entomolojik araştırmalar. *Orman ve Av Dergisi*, 18, 34.
- Alkan-Akıncı, H., Özcan, G.E., Eroğlu, M. (2003). Damage status of *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) and effectiveness of *Rhizophagus grandis* Gyllenhal (Coleoptera: Rhizophagidae) on it in the field. XII World Forestry Congress (WFC), 21-28 September 2003, Quebec City, Canada
- Anonim (1996). Cytospora or Leucostoma Canker of Spruce. Report on Plant Disease, University Of Illinois at Urbana-Champaign, RPD No, 604.
- Anonim (1998). Statistical Yearbook of the Republic of Slovenia, 1998, 2002 (in Slovenian).
- Besceli, O. (1969). Büyükdüz Araştırma Ormanının Zararlı Böceklerinin Biyolojisi, Koruyucu Tedbirler ve Mücadelesi. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayını T. B. Ser. No: 33, Ankara, 94 pp.
- Bruch, C. (1914). Catalogo sistematico de los Coleopteros de la Republica Argentina. Pars 7. *Revista del Museo de la Plata*, 19:427-429.
- Chararas, C. (1978). Problems of forest insect pests in different Mediterranean countries: scolytid pests of conifers in Turkey. [Problemes poses dans les differents pays mediterraneens par les insectes parasites des forets: Scolytidae ravageurs des coniferes en Turquie.] *Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France*, 64(4):308-318; 2 ref.
- Cohen, J., Blinn, C.E., Boyle, K.J., Holmes, T.P., Moeltner, K. (2016). Hedonic valuation with translating amenities: Mountain pine beetles and host trees in the Colorado Front Range. *Environmental and Resource Economics*, 63, 613-642.
- Çanakçıoğlu, H. (1956). Bursa Ormanlarında Entomolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Yayınlarından. O.F. Yayın No. 41, 41 s.
- Çanakçıoğlu, H. (1993). Orman Entomolojisi- Özel Bölüm, İ.Ü. Yayın No: 3623, Fakülte Yayın No:3623, Fakülte Yayın No:412, İstanbul.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T. (1998). Orman Entomolojisi (Zararlı ve Yararlı Böcekler), İstanbul, Türkiye: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 1998.
- Defne, M. (1954). Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Gökarnarların Zararlı Böcekleri Ve Mücadele Metodları. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınlarından. Seri No. 12, Sıra No. 105, İstanbul 1111-228 pp.
- Eroğlu, M., (1995). *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptra, Scolytidae)'ın Populasyon Dinamiğine Etki Eden Faktörler Üzerine Araştırmalar. I. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 23-25 Ekim 1995, Trabzon, Bildiriler 3. cilt, 148-159.
- Eroğlu, M., Alkan-Akıncı, H., Özcan, G.E. (2005). Kabuk böceği Salgınlarının Nedenleri ve Boyutları. *Orman ve Av Dergisi*. 5: 27-34.
- Freude, H., Harde, K.W., Lohse, G.A. (1981). Die Käfer Mitteleuropas, Krefeld, Germany: Goecke and Evers Verlag.
- Gilman, E.F., Watson, D.G. (1994). *Picea pungens* Colorado Spruce. Fact Sheet ST-453.
- Grüne, S. (1979). Brief illustrated key to European Bark Beetles. Verlag M. Und H. Schaper, Hanno-ver, 182

s..

- Haack, R.A. (2003). Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at US ports of entry: 1985-200. In: Integrated Pest Management Reviews, 6 253-282.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.J., Seidl, R., Svoboda M., Viiri, H. (2019). Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8, DOI: <https://doi.org/10.36333/fs08>, ISBN 978-952-5980-76-9.
- Jurc, M., Perko, M., Dzeroski, S., Demšar, D., Hrašovec, B. (2004). Spruce Bark Beetles (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Col.: Scolytidae) in the Dinaric Mountain Forests of Slovenia: Monitoring and Modeling.- 14 p.
- Kırdar, E., Ertekin, M., Gökyer, E., Çorbacı, Ö.L. (2009). Mavi ladinin (*Picea pungens* Engelm.) aşısı ile üretimi üzerine araştırmalar. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 9 (1): 35-41.
- Kleine, R. (1913). Die geographische Verbreitung der Ipsiden-Genera orbis terrarum. (Col.). Berl. Entomol. Zeitschrift, 58:113-176.
- Khobakhidze, D. (1967). Dev soymuk böceği (*Dendroctonus micans* Kugelann) Gürcistan'da. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 14 (2): 3-10.
- Knízek, M. (1998). A new species of Pityokteines (Coleoptera: Scolytidae) from Turkey. Klapalekiana, 34, 189-193.
- Murayama, J.J. (1954). Scolytid-fauna of the northern half of Honshu with a distribution table of all the scolytid-species described from Japan. Yamaguti University, Faculty of Agriculture, Bulletin, 5:149-212.
- Nobuchi, A. (1974). Studies on Scolytidae XII. The bark beetles of the tribe Ipinini in Japan (Coleoptera). Bulletin of the Government Forest Experiment Station, Meguro, No. 266, 33-60 + 4 pl.; 25 ref.
- Pye, J.M., Holmes, T.P., Prestemon, J.P., Wear, D.N. (2011). Economic impacts of the southern pine beetle. Chapter 14 in Southern Pine Beetle II, Coulson, R. N.; Klepzig, Kier; General Technical Report (GTR)-SRS-140. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station, 213-222.
- Sarikaya, O., Avci, M. (2002). Batı Akdeniz Toros Gökarnarı (*Abies cilicica* Carr.) ormanlarında ağac olumleri. [Pest and diseases of the West Mediterranean forest tree, Cilician fir (*Abies cilicica* Carr.)]. Orman Mühendisliği, 39(9-10):20-23.
- Sarikaya, O., Avci, M. (2011). Türkiye göknar ormanlarında yeni bir tür: Pityokteines marketae (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). Orman Mühendisliği Dergisi, 43 (1-2-3), 26-27.
- Seidl, R., Rammer, W., Jäger, D., Lexer, M.J. (2008). Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management*, 256, 209-220.
- Sekendiz, O.A., (1982.) *Abies nordmanniana* Siev (Spach.)'ın Doğu Karadeniz bölümü ormanlarındaki zararlı böcekleri ile koruma ve savaşı, Trabzon, 201 s
- Selmi, E. (1998). Türkiye Kabuk Böcekleri ve Savaşı. İ.Ü. Yayın No: 4042, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No: 11, İstanbul, 196 s..
- Serin, M., Erdem, M., Yüksel, B., Akbulut, S., (2005). Bolu ve Aladağ Orman İşletmesi Gökarnar (*Abies bornmulleriana* Mattf.) Ormanlarında Etkin Zarar Yapan Kabuk Böceklerinin Yaşam Döngülerinin Belirlenmesi ve Bunlara Karşı Alınabilecek Önlemlerin Araştırılması. T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı, Batı Karadeniz Ormançılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 12
- Schedl, K.E. (1959). Barkbeetles of Turkey. [Borkenkäfer aus der Türkei.] Anz. Schadlingsk. 32 (7), (99-100).
- Schedl, K.E. (1967). Die Borkenkäfer von Griechenland und Cypern (249. Beitrag zur Morphologie und Systematik der Scolytoidea). Notulae Entomologicae, XLVII:65-76.
- Schelaas, M.J., Nabuurs, G. J., Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9, 1620-1633.
- Schimitschek L, (1937). Forstenomologische und Forstshuzliche Beobachtungen in der Türkei. Nr. 1 Forstenomologische und Forstshuzliche Beobachtungen in den Gebieten von: Ayancık-Gökarnmak, Cökçeagaç-Kastamonu-Küre-Daday-Ilgaz Dağı-Çankırı. Y.Z.E. Çalışmalarından, Heft 74, 46 pp
- Schimitschek E., (1944). Forstinsekien der Türkei und ihre Umwelt. Grundlagen der türkisehen Forstenomologie. Volk und Reich Verlag, Prag. XVI-371 s.
- Titovšek, J. (1994). Gradacije škodljivih gozdnih insektov v Sloveniji.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 43, p. 31-76. (in Slovenian).



- Toper, A. (1999). Bartın ve Karabük Ormanlarındaki Göknaarlar da Zarar Yapan Pityokteines curvidens (Germ.) (Coleoptera, Scolytidae)'in Biyolojisi, Doktora Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği ABD, Bartın, XXIII+130s.
- Tosun, L (1975). Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarında Zarar Yapan Böcekler Ve Önemli Türlerin Yırtıcıları Üzerinde Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınlarından, Sıra No. 612, Seri No. 24,201 s.
- Urban, J. (1994). Kůrovci z rodu Pityokteines Fuchs a hynutí jedle. Sbor. ref. z celostát. konf. Brno, 17. 2. Brno, VŠZ, FLD: 100–113.
- Wichmann, H.E. (1924). Über die geographische Verbreitung der Ipiden (Col]. (I Das Material von Dr. Fahringer, Wien). Zoolog. Anzeiger Bd. LX1: 14-8.
- Wood, S.L. (1982). The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs, No. 6:1359 pp.
- Wood, S.L., Bright, D.E. (1992). A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index Volume A. Great Basin Naturalist Memoirs, 13:1-833.

## Zonguldak-Gökgöl Mağarası Yakınındaki Porsuk Ağaçlarının (*Taxus baccata* L.) Anıtsal Özellikleri

Barbaros YAMAN<sup>1\*</sup>, Engin ZAMAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

<sup>2</sup>Hayat Mah. Uğur Mumcu Sok. No: 9, Elvanpazarcık, Zonguldak, Türkiye

### Makale Tarihi

Gönderim: 01.11.2021

Kabul: 23.02.2022

Yayın: 15.04.2022

### Araştırma Makalesi



**Öz** – Bu çalışmada, Zonguldak Gökgöl Mağarası yakınlarında Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Adi gürgen (*Carpinus betulus* L.) türlerinden oluşan karışık meşçerede münferit halde bulunan 4 adet yaşlı *Taxus baccata* L. bireyinin anıtsal özellikleri incelenmiştir. Tahmini yaşları 915 ila 1180 arasında değişen bu ağaçların Şimdiki Anıtsal Değerleri (ŞAD) 71 ila 94 puan arasında bulunmaktadır. Bu değerler Adi porsuk için verilen Asgari Anıtsal Değer (AAD) olan 40'tan büyük olduğu için incelenen ağaçların tamamı boyutsal anıt ağaçtır. Sonuç olarak, Gökgöl mağarasını da içerisine alan söz konusu anıt porsuk ağaçlarının bulunduğu bu tabiat parçası "tabiat anıtı" olarak ayrılmalı ve tescil edilmelidir

**Anahtar Kelimeler** – Adi porsuk, anıt ağaç, Gökgöl mağarası

## Monumental Traits of European Yew Trees near to Gökgöl Cave in Zonguldak

<sup>1</sup>Forest Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Turkey

<sup>2</sup>Hayat Neighborhood, Uğur Mumcu Street, No: 9, Elvanpazarcık, Zonguldak, Turkey

### Article History

Received: 01.11.2021


Accepted: 23.02.2022


Published: 15.04.2022

### Research Article

**Abstract** – In this study, the monumental traits of 4 old *Taxus baccata* L. individuals found in a mixed stand consisting of Eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky), Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and Common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) species near Gökgöl Cave in Zonguldak were investigated. The Present Monumental Point of these yew trees (PMP), whose estimated ages range from 920 to 1360, are determined as between 71 and 94. Since these points are greater than 40, which is the Minimum Monumental Point (MMP) given for European yew, all the trees studied are dimensional monumental trees. As a result, this part of nature, including the Gökgöl cave, with the monumental yew trees in question, should be designated and registered as a "natural monument".

**Keywords** – European yew, monumental tree, Gökgöl cave

<sup>1</sup>  yamanbar@gmail.com

<sup>2</sup>  magaraci.67100@gmail.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Porsuk (*Taxus baccata* L.) bitki taksonomisi bakımından Taxaceae familyası içerisinde yer alan herdem yeşil, uzun ömürlü, 2000-3000 yıl yaşayabilen bir ağaç türüdür (Anşin ve Özkan, 1993; URL-1). Bu türün tohumu çevreleyen etli ve kırmızı renkli olan tohum örtüsü (arillus) dışında hemen her tarafı zehirlidir (Garland ve Barr, 1998). Yaprak, sürgün ve kabuğundaki taxin ve taxol içeriği nedeniyle günümüzde kanser araştırmalarının konusunu oluşturmaktadır (Nicolaou vd., 1996). Doğal yayılışını Kuzey Afrika'nın batısı, Azor adaları, Kuzey ve Orta Avrupa, Kafkasya ve Anadolu'da yapar (Anşin ve Özkan, 1993; Şengönül ve Yılmaz, 2008). Dikey yayılışını ülkemizde 1000-1900 m aralığında gerçekleştiren bu tür, özellikle Trakya Demirköy ormanlarında, Karadeniz Bölgesinde Düzce, Bolu, Karabük, Ayancık ve Rize'de, Batı Anadolu'da Kazdağı ve Sultan Dağları'nda, Doğu Akdeniz'de Hatay'ın Amanos Dağları'nda bulunur (Yaltırık ve Akkemik, 2011). Zonguldak ve Bartın yörelerinde de yayılış yaptığı bilinmektedir (Kaya ve Yaman 2017; Akkemik vd., 2018). *T. baccata*'nın Zonguldak ve Bartın'daki yayılışlarında çapları 2 metrenin biraz üzerinde, tahmini yaşları 1900-2000 civarında olan anıt bireylerine rastlamak mümkündür (Kaya, 1998; Akkemik vd., 2018).

*T. baccata*, odununun yoğunluk-elastikiyet özellikleri iyi olduğu için (Moliński vd., 2016), insanlık tarihi boyunca bazı bölgelerde yay yapımında kullanılan bir tür olmuştur (Gündüz vd., 2013). Bu türün yay yapımında kullanılmasına ilişkin en eski kanıtlar 1991 yılında Ötztal Alpleri'nde bulunan buz adam Ötzi'nin yanında tespit edilen 1,82 m uzunluğundaki 5300 yıllık yaydan gelmektedir (Junkmanns vd., 2019). *T. baccata* Avrupa'da Orta Çağ'da da yay yapımında tercih edilen bir tür olmuştur (Grayson vd., 2007). Dünyanın yaşayan en yaşlı anıt porsuk ağaçları Fas, Birleşik Krallık ve Türkiye'de bulunmaktadır. Fas ve Birleşik Krallık'ta tespit edilen söz konusu anıt porsuk ağaçlarının tahmini yaşları sırasıyla 2371 ve 2271 yıl olarak verilmektedir (URL-2). Türkiye'de tespit edilen en yaşlı anıt porsuk ağacının ise 2016 yılı itibarıyla 4112 yaşında olduğu iddia edilmiştir (URL-3), ancak Alaplı-Gümeli'deki bu ağacın gövdesinden alınan artım kalemi üzerinde dendrokronologlar tarafından gerçekleştirilen yıllık halka analizleri ağacın iddia edildiği gibi 4112 değil yaklaşık 2000 yaşında olduğunu göstermiştir (Akkemik vd., 2018). Gümeli'de tahmini yaşları 1000-1500 civarında olan başka anıt porsuk ağaçları da bulunmaktadır. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki diğer bir anıt porsuk ağacı Bartın'ın Ulus ilçesi Kumluca Beldesi Yenişençay mevkiinde bulunan ağaçtır (Kaya, 1998). Prof. Dr. Burhan AYTUĞ tarafından yıllık halka ölçümleri yapılan söz konusu porsuk ağacının yarıçap-ortalama yıllık halka genişliği üzerinden tarafımızca belirlenen tahmini yaşı 2000'dir.

Şimdiye kadar Batı Karadeniz Bölgesi anıt ağaçları üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Yaman ve Sarıbaş, 2007; Sarıbaş, 2015; Yaman, 2018; Akkemik vd., 2018; Yaman ve Köktürk, 2021). Bu çalışma ise Zonguldak Gököl Mağarası yakınlarında Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Adi gürgen (*Carpinus betulus* L.) türlerinden oluşan karışık bir meşcerede 150 m rakımda münferit halde bulunan 4 adet yaşlı *T. baccata* bireyinin anıtsal özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

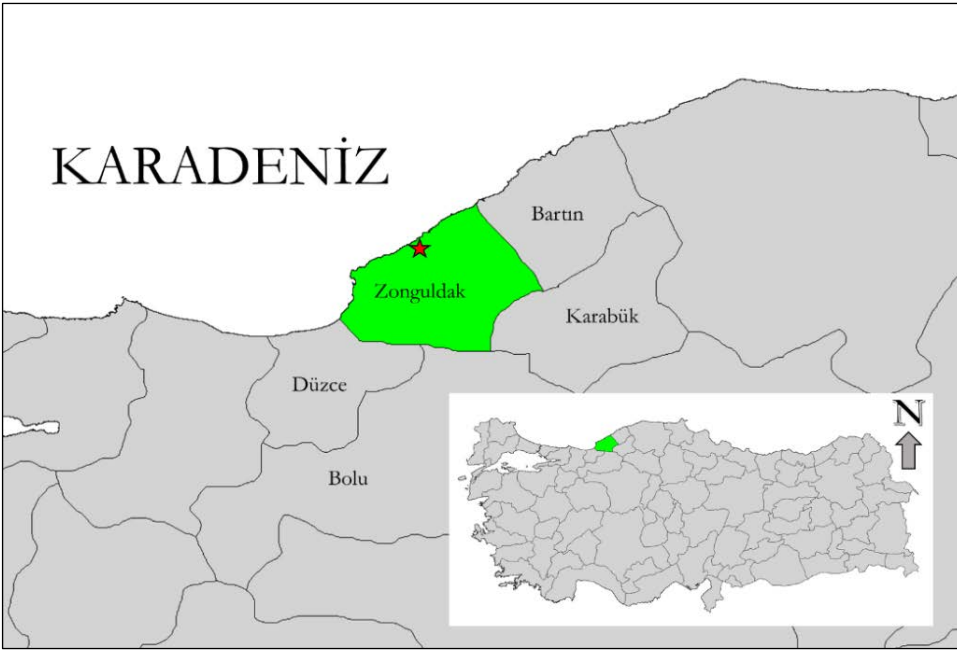
### 2.1. Materyal

Anıtsal özellikleri incelenen 4 adet porsuk ağacı Zonguldak Gököl Mağarası'na yaklaşık 1 km uzaklıkta bulunmaktadır. Porsuk ağaçlarının bulunduğu yerin koordinatları 41° 26' 04.65" K, 31° 50' 25.59" D olup, denizden yüksekliği 150 m'dir (Şekil 1). Bu noktada porsuk ağaçları kayın, gürgen, kestane ve diğer geniş yapraklı ağaçlarla birlikte münferit halde karışıma girmektedir (Şekil 2, 3 ve 4).

### 2.2. Yöntem

Ağaçların anıtsal özelliklerinin belirlenmesinde öncelikle çap, yaş, boy ve tepe çapı gibi somut özellikler tespit edilmektedir. Ayrıca, soyut özellikler kapsamında tarihi, folklorik ve mistik olgularla ağaçların ilişkisi

de araştırılmaktadır (Genç ve Güner, 2003; Resmi Gazete, 2020). Böylece belirlenen somut ve soyut özellikler Anıt Ağaç Envanter Karnesine işlenmektedir. Göğüs yüksekliğinden ( $d_{1,30}$ ) yapılan çevre ölçümü ile doğrudan çap değerini veren özellikli bir metre kullanılarak ağaçların kabuklu çapları belirlenmiştir. Kabuklu çaplar 130 cm ile 185 cm arasında değişmektedir (Tablo 1). Yaş tahmini için TB-1 ve TB-2 kodlu ağaçların göğüs yüksekliğinden artım burgusu ile birer adet artım kalemi (kabuksuz uzunluk TB-1 için 226,4 mm, TB-2 için 243,6 mm) alınarak pipet içerisinde yıllık halka analizleri laboratuvarına getirilmiştir. Kalemler hava kurusu ortamda kurutulduktan sonra enine kesit yüzeyi üstte olacak şekilde tahta altlıklara yapıştırılmış ve yıllık halka sınırlarının belirgin olarak görülmesi amacıyla sırasıyla 500 ve 800 kum numaralı zımpara ile zımparalanmıştır.



Şekil 1. Anıt porsuk ağaçlarının bulunduğu konum



Şekil 2. Porsuk ağaçlarının bulunduğu habitat





Şekil 3. TB-1 kodlu *Taxus baccata*'nın gövdesi

Sayım ve ölçüm işlemlerinden önce artım kalemlerinde görsel eşleştirme eşliğinde yıllık halkalar 10'ar yıllık bölümler halinde işaretlenmiş ve ardından sayım ve ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir. TB-1 ve TB-2 kodlu porsuk ağaçları için birikimli yıllık halka genişliklerini gösteren grafikler çizilerek en yüksek  $R^2$  değerini veren doğrusal regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur (Şekil 5 ve 6). TB-1 ve TB-2 kodlu porsuk ağaçlarının yaşları kendilerine ait bu regresyon eşitlikleri kullanılarak belirlenmiştir (Akkemik, 2004; Asan, 2018, Yaman, 2021). Bu iki eşitliğe dayanılarak oluşturulan ortalama regresyon eşitliği yardımıyla da artım kalemi olmayan TB-3 ve TB-4 kodlu porsuk ağaçlarının yaşları tahmin edilmiştir. Somut ve soyut özellikler ile ilgili elde edilen veriler Anıt Ağaç Değerlendirme Formunda (ADF) belirtilen kriterler çerçevesinde değerlendirilerek incelenen porsuk ağaçlarının her biri için Şimdiki Anıtsal Değer (ŞAD) hesaplanmış ve *Taxus baccata* (porsuk) için eşik değeri olan Asgari Anıtsal Değer (AAD) ile kıyaslanmıştır. ŞAD>AAD olan porsuk ağaçları için boyutsal anıt ağaç kararı verilmiştir.

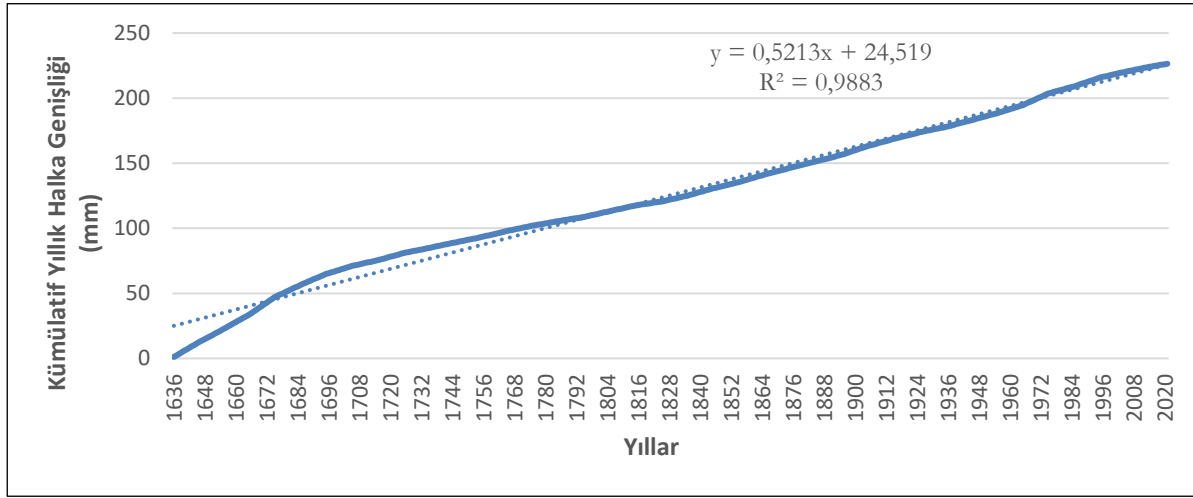




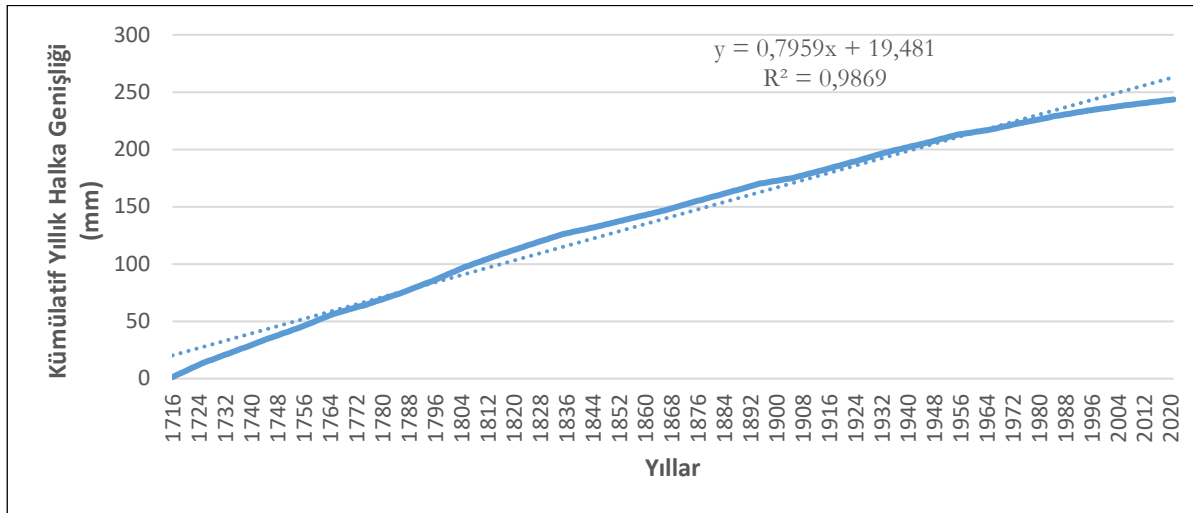
Şekil 4. TB-3 kodlu *Taxus baccata*'nın gövdesi

### 3. Bulgular ve Tartışma

TB-1 ve TB-2 kodlu ağaçlar için doğrusal regresyon eşitlikleri sırasıyla  $y = 0,5213x + 24,519$  ( $R^2 = 0,9883$ ) ve  $y = 0,7959x + 19,481$  ( $R^2 = 0,9869$ ) olarak belirlenmiştir (Şekil 5 ve 6). Bu eşitliklere dayanılarak TB-1 ve TB-2 için belirlenen yaşlar sırasıyla 1180 ve 1125, TB-3 ve TB-4 kodlu porsuk ağaçları için ortalama doğrusal regresyon eşitliğine ( $y = 0,6586x + 22,0$ ) dayanılarak hesaplanan yaşlar ise sırasıyla 1075 ve 915'dir (Tablo 1). Hesaplanan Şimdiki Anıtsal Değer (ŞAD) TB-1 için 88, TB-2 için 94, TB-3 için 74 ve TB-4 için 71'dir (Tablo 2). *T. baccata* türü için Asgari Anıtsal Değer (AAD) 40 olarak verilmektedir (Genç ve Güner, 2003). Bu verilere göre incelenen dört porsuk ağacının da, ŞAD > AAD olduğu için boyutsal anıt ağaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5. TB-1 kodlu ağacın birikimli yıllık halka genişliği ve hesaplanan doğrusal regresyon eşitliği



Şekil 6. TB-2 kodlu ağacın birikimli yıllık halka genişliği ve hesaplanan doğrusal regresyon eşitliği

Tablo 1

Adi porsuk ağaçlarına ait sayısal veriler

Ağaç No	Kabuklu Çap (cm)	Kabuksuz Kalem Boyu (mm)	Yıllık Halka Sayısı	Kapsanan Yıllar	Regresyon Eşitliği	Ortalama Regresyon Eşitliği	Tahmini Yaş*
TB-1	130	226,4	386	1636-2021	$y = 0,5213x + 24,52$	-	1180
TB-2	185	243,6	306	1716-2021	$y = 0,7959x + 19,48$	-	1125
TB-3	148	-	-	-	-	$y = 0,6586x + 22,0$	1075
TB-4	127	-	-	-	-	-	915

\* Tahmini yaş hesaplanırken çift kabuk kalınlığı 2 cm alınmıştır. Regresyon eşitliklerinde y = kabuksuz yarıçap, x = tahmini yaş olarak alınmalıdır.

Tablo 2  
Anıt ağaç değerlendirme formuna göre Adi porsuk ağaçlarına verilen puanlar

ÖĞELER	VERİLEBECEK MAKSİMUM PUAN	DEĞERLENDİRME BASA- MAKLARI	SINIFINA GÖRE AĞACA VERİLECEK PUAN			VERİLEN PUAN			
			I.SINIF	II.SINIF	III.SINIF	TB-1	TB-2	TB-3	TB-4
Boy (Bo)	20	05,0-07,5	0	0	10				
		08,0-10,0	0	0	20				
		<u>10,5-15,0</u>	0	<u>6</u>	20			6	6
		15,5-20,0	0	13	20				
		<u>20,5-25,0</u>	0	<u>20</u>	20	20	20		
		25,5-30,0	3	20	20				
		30,5-35,0	6	20	20				
		35,5-40,0	9	20	20				
		40,5-45,0	12	20	20				
		45,5-50,0	16	20	20				
		>50,0 m	20	20	20				
Gövde Çapı (GÇ)	30	<50	0	0	10				
		50-74	0	6	20				
		75-99	0	12	30				
		100-124	3	18	30				
		<u>125-149</u>	6	<u>24</u>	30	24		24	24
		150-174	9	30	30				
		<u>175-199</u>	12	<u>30</u>	30		30		
		200-224	15	30	30				
		225-249	18	30	30				
		250-274	22	30	30				
		275-299	26	30	30				
≥300 cm	30	30	30						
Tepe Çapı (TÇ)	10	<05,0	0		3				
		05,0-09,5	<u>2</u>		6	2	2	2	2
		10,0-14,5	4		10				
		15,0-19,5	7		10				
		≥20 m	10		10				
Tahmini Yaş (Ya)	30	100-200	3						
		201-300	6						
		301-400	9						
		401-500	12						
		501-600	15						
		601-700	18						
		701-800	21						
		801-900	24						
		<u>901-1000</u>	<u>27</u>						27
		<u>&gt;1000 Yıl</u>	<u>30</u>				30	30	30
Bulunduğu Yer (BY)	10	► Ormanda [ağaçlık çağındaki bir toplumda ve bulunduğu alan meşcereden (1 ha) büyük]	<u>2</u>			2	2	2	2
		► Meşcerede (kırsalda-kentte)	10						
		► Grupta (kırsalda-kentte)	9						
		► Kümede (kırsalda-kentte)	8						
		► Tek (kırsalda)	4						
		► Tek (kentte)	6						



Tablo 2  
Devam ediyor

ÖĞELER	VERİLEBECEK MAKSİMUM PUAN	DEĞERLENDİRME BASA- MAKLARI	SINIFINA GÖRE AĞACA VERİLECEK PUAN			VERİLEN PUAN			
			I.SINIF	II.SINIF	III.SINIF	TB-1	TB-2	TB-3	TB-4
Diğer Pozitif Özellikler (PÖ)	10	► Ağaç için zorunlu yetiştirme ortamı faktörlerinin korunması mümkün	10			10	10	10	10
		► Sağlıklı	6						
		► En az bir anıtsal özelliği (boyu, çapı yaşı gibi) bakımından dünyada veya Türkiye’de sayılı bir ağaç olması	9						
		► Özellikli (doğal halinin dışında kabuk, yaprak, çiçek, meyve veya kozalak, dallanma, çatallanma, gövde şekillenmesi vb. özelliklerle farklı)	3						
		► Hiçbiri	0						
Negatif Özellikler (NÖ)	-10	► Ağaç için zorunlu yetiştirme ortamı faktörlerinin korunması mümkün değil	-10						
		► Tepe Çökmesi → İlerlemiş (tepede yoğun kuruma)	-8						
		→ Yeni	-6						
		► Böcek-Mantar Zararı (Tepe çökmesi yoksa değerlendirmeye katılır)	-8						
		► Gövde kovuk → Genişliği < 1/5 Θ	-2						
		→ Genişliği = 1/5-1/3 Θ	-3						
		→ Genişliği > 1/3 Θ [Θ = Kovuğun bulunduğu yerdeki çevre]	-4						
		► Gövde ve/veya ana dallar yaralı → Genişliği < 1/5 Θ	-1						
		→ Genişliği = 1/5-1/3 Θ	-2					-2	
		→ Genişliği > 1/3 Θ [Θ = Yaranın bulunduğu yerdeki çevre]	-3						
		► Hiçbiri	0			0	0	0	
ŞİMDİKİ ANITSAL DEĞER (ŞAD) = (Bo + GÇ + TÇ + Ya + BY + PÖ <sub>Toplam</sub> )									
ŞAD ≥ AAD <sub>Tür</sub> ise incelenen ağaç anıt ağaç olarak ayrılır. AAD <sub>Tür</sub> ile ilgili bilgiler Genç&Güner (2003)’den alınabilir. <b>İncelenen ağaçların tamamı ŞAD (71-94) ≥ AAD<sub>Tür</sub> (40) olduğundan boyutsal anıt ağaçtır.</b>						88	94	74	71

#### 4. Sonuç ve öneriler

Dünya üzerinde kendi doğal yayılış alanlarında 1500-2000’li yaşlara ulaşmış çok sayıda *T. baccata* örneğine rastlamak mümkündür (Akkemik vd., 2018; Kaya, 1998; URL-2). Bu çalışmada incelediğimiz, Zonguldak Gököl Mağarası’na yaklaşık 1 km uzaklıkta bulunan ve yaşları 915 ila 1180 arasında değişen 4 adet *T. baccata* bireyine ait ŞAD değerlerinin (sırasıyla 88, 94, 74 ve 71) bu tür için verilen AAD değerinden (40) büyük olması incelenen ağaçların tamamının boyutsal anıt ağaç olduğunu göstermektedir. Anıt ağaç olduğu tespit edilen söz konusu porsuk ağaçlarının bulunduğu yerin rakımı 150 m’dir. Dikey yayılışını ülkemizde 1000-1900 m yükselti aralığında gerçekleştiren bu türün 150 m. rakımda anıt ağaçlarının bulunması orman botaniği

ve silvikültür açısından önem arz etmektedir. Gökgöl Mağarası ve anıt porsuk ağaçlarının bulunduğu mevki alt karbonifer kalker formasyonunun bir parçasıdır (Geniş ve Çolak, 2015). Toplam uzunluğu 3350 m olan ve 875 metrelik kısmı 2001 yılında ziyarete açılan ve şimdiye kadar on binlerce insanın ziyaret ettiği Gökgöl mağarası, yakın çevresi ile önemli bir turizm potansiyeline sahiptir (URL-4). Yeni tespit edilen 4 adet anıt porsuk ağacıyla Gökgöl mağarasının da içinde bulunduğu tabiat parçasının önemi daha da artmıştır. Boyutsal anıt ağaç olduğu belirlenen 4 adet porsuk ağacı ile Gökgöl Mağarası'nı da içerisine alan bu tabiat parçasının "tabiat anıtı" olarak ayrılması ve tescil edilmesi uygun olacaktır. Tabiat anıtı; tabiat ve tabiat olaylarının meydana getirdiği özelliklere ve bilimsel değere sahip ve milli park esasları dâhilinde korunan tabiat parçalarını ifade etmektedir (URL-5). Jeolojik zamanlarla bağlantılı mağaraların da yer aldığı bu tür tabiat parçalarındaki anıt ağaçlar geçmiş ile geleceği buluşturarak doğa tarihini kendi bünyesinde somutlaştıran en önemli biyolojik varlıklardan birisidir. Ortalama ömrü 70-80 yıl olan insan yüzlerce / binlerce yaşındaki anıt ağaçlardan yaşadığı çevrenin doğal süreçleri başta olmak üzere psikolojik ve sosyal açıdan da çok şey öğrenmektedir. Anıt ağaçlar ve anıt ormanlar bütün dünyada insanlığın en önemli yaşayan kültür miraslarından birisi olarak kabul edilmektedir (Asan, 1992; Asan, 2015). Uzun ömürleri ve heybetli duruşları ile anıt ağaçlar doğaya en fazla zarar veren tür olan insana belki de varlığının doğa için önemsizliğini anımsatmak istemektedir. O nedenle bu türden anıt niteliğindeki ağaçların ve ormanların daha fazla korunması yönünde çaba harcanması gereklidir.

### Teşekkür

Çalışma için gerekli izinleri veren Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

### Kaynaklar

- Akkemik, Ü. (2004). *Dendrokronoloji: İlkeleri-Biyolojik Temelleri-Yöntemleri-Uygulama Alanları*. İ.Ü. yayın no: 4484, O.F. yayın no: 479, İstanbul.
- Akkemik, Ü., Demirtaş, A., Köse, N., Usta, S., Güner, H.T. (2018). Zonguldak Alaplı'daki Anıt Porsuk (*Taxus baccata* L.) Ağacı Gerçekten 4112 yaşında mı? *Orman ve Av*, 961 (2), 11-19.
- Anşin, R., Özkan, Z. C. (1993). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta), Odunsu Taksonlar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, 167/19, Trabzon, 512 s.
- Asan, Ü. (1992). Anıt Ağaçların Birey ve Toplum Psikolojisi Üzerine Etkileri. *Yeşile Çerçeve Dergisi* 18.
- Asan, Ü. (1992). Mystical Values of Monumental Trees and the Cult of Tree in Pagan Belief: Yggdrasil. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Yew Workshop, Yew 2015, Düzce University, Turkey*, Edit. Aksoy, N., Aslan, S., pp.114-127.
- Asan, Ü. (2018) Anıt Ağaçların Yaş Tespitinde Uygulanan Yöntemler, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Orman ve Av Dergisi*, 5: 16-26.
- Garland, T., Barr, A. C. (1998). *Toxic plants and other natural toxicants*. International Symposium on Poisonous Plants (5th : 1997 : Texas). Wallingford, England: CAB International.
- Genç, M., Güner, Ş.T. (2003). Göller Bölgesi'nin Anıt Ağaçları. Isparta Valiliği İl Özel İdare Müdürlüğü Yayını, 322 s., Isparta.
- Geniş, M., Çolak, B. (2015). Stability Assessment of the Gökgöl Karstic Cave (Zonguldak, Turkey) by Analytical and Numerical Methods. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 48(6), 2383-2403.
- Grayson, C.E., French, M., O'Brien, M.J. (2007). *Traditional Archery from Six Continents*. Columbia and London: University of Missouri Press.
- Gündüz, G., Yaman, B., Özden, S., Dönmez, S.C. (2013). Anatomy of Wooden Core of Ottoman Composite Archery Bows. *Sains Malaysiana*, 42(5), 547-552.
- Junkmanns, J., Klügl, J., Schoch, W., Pietro, G.D., Hafner, A. (2019). Neolithic and Bronze Age Archery Equipment from Alpine Ice-Patches: A Review on Components, Construction Techniques and Functionality. *JNA* 21, 283-314.
- Kaya, Z. (1998). Anıt Ağacın Hatıra Defteri. *Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu*, Edit. Eliçin, G., İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Botaniği ABD, s. 622-636.
- Kaya, Z., Yaman, B. (2017). Bartın İlinin Karasal ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi (Flora Bölümü). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar (DKMP) 10. Bölge Müdürlüğü Bartın İl Şube Müdürlüğü. Ankara. 526 p.

- Moliński, W., Mania, P., Tomczuk, G. (2016). The usefulness of different wood species for bow manufacturing. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 58 (4), 183–187.
- Nicolaou, K.C., Guy, R.K. & Potier, P. (1996). Taxoids: new weapons against cancer. *Scientific American*, 274, 84–88.
- Resmi Gazete (2020). Tabiat Varlığı Olarak Belirlenecek Anıt Ağaçların Tespitine İlişkin İlke Kararı, 24.10.2020 tarih ve 31284 sayılı Resmi Gazete.
- Sarıbaş, M. (2015). Batı Karadeniz Bölgesi'nin Kayda Girmemiş Anıt Ağaçları. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 52(1), 13-21.
- Şengönül, S., Yılmaz, H. (2008). *Atatürk Arboretumu Ağaç ve Çalıları*. Atatürk Arboretumu Yayını, Yayın No. 1, İstanbul, 486 s.
- URL-1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Taxus\\_baccata](https://en.wikipedia.org/wiki/Taxus_baccata)
- URL-2. <https://www.monumentaltrees.com/en/trees/europeanyew/records/>
- URL-3. <https://www.trthaber.com/haber/yasam/dunyanin-en-yasli-porsuk-agaci-zonguldakta-421932.html>
- URL-4. <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/zonguldak/gezilecekyer/gokgol-magarasi>
- URL-5. <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/29/Tabiat-Anitlari>
- Yaltrık, F., Akkemik, Ü. (2011). *Türkiye'nin Doğal Gymnospermleri (Açık Tohumlular)*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, 214 s.
- Yaman, B., Sarıbaş, M. (2007). Zonguldak-Dirgine Ormanlarında Yeni Bir Anıt Ağaç: Elemen Karaçamı. *Ekoloji*, 63, 62-68.
- Yaman, B. (2018). Kızılkum'da (Bartın) bulunan iki yaşlı doğu çınarının anıtsal özellikleri. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 14(2), 71-79.
- Yaman, B., Köktürk, R. (2021). Beycuma Korucuk Köyü'ndeki (Zonguldak) Servi Ağacının Anıtsal Özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 606-613.

## Yenice Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (Karabük/Türkiye) Florası

Ayşe ÖZTÜRK PULATOĞLU<sup>1\*</sup>, Kerim GÜNEY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 37150, Kastamonu, Türkiye

### Makale Tarihiçesi

Gönderim: 10.11.2021

Kabul: 10.02.2022

Yayın: 15.04.2022

### Araştırma Makalesi



**Öz** – Çalışma, bölgenin florasını belirlemek amacıyla 2015-2017 yılları arasında Karabük Yenice Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nda gerçekleştirilmiştir. Alanda doğal olarak yetişen 83 familyaya ait 297 cins ve 445 takson tespit edilmiş ve bunlara ait toplam 2225 örnek toplanmıştır. Bu taksonlardan 5 familyaya ait 6 cins ve bu cinslere ait 7 takson Pteridophyta, 78 familya ve 438 takson ise Spermatophyta şubesinde. Bunlardan 3 familya, 4 cins ve 6 takson Gymnospermae sınıfına, 75 familyaya ait 432 tür ve tür altı takson ise Angiospermae sınıfına aittir. Araştırma alanında en çok takson içeren familya Asteraceae olarak tespit edilmiştir. Bu familyayı sırasıyla Fabaceae, Rosaceae, Poaceae familyaları takip etmektedir. Alanda toplam endemik takson sayısı 17'dir. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'na göre endemik taksonlar içerisinde 3 takson EN, 1 takson VU, 2 takson NT, 9 takson LC kategorisinde değerlendirilmektedir. 2 takson ise herhangi bir kategoride değerlendirilmemiştir. 2 takson BERN, 17 takson ise CITES tarafından koruma altında bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** – Flora, Yenice YHGS, Karabük, Türkiye

## Flora of Yenice Wildlife Development Area (Karabuk/Turkey)

<sup>1</sup>Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 37150, Kastamonu, Turkey

### Article History

Received: 10.11.2021

Accepted: 10.02.2022


Published: 15.04.2022

### Research Article

**Abstract** – The study was carried out in Karabük Yenice Wildlife Development Area between 2015-2017 in order to determine the flora of the region. 297 genera and 445 taxa belonging to 83 families growing naturally in the area were identified and 2225 specimens belonging to them were collected. Of these taxa, 6 genera belonging to 5 families and 7 taxa belonging to these genera are from Pteridophyta, 78 families and 438 taxa are from the Spermatophyta division. 4 genera and 6 taxa belong to the Gymnospermae class, while 432 species and infraspecific taxa belonging to 75 families belong to the Angiospermae class. The family with the most taxa in the study area was identified as Asteraceae. This family is followed by Fabaceae, Rosaceae, Poaceae families, respectively. The total number of endemic taxa in the area is 17. According to the Red Book of Plants of Turkey, 2 taxa are classified as NT, 3 taxa EN, 9 taxa LC, 1 taxon VU among endemic taxa. 2 taxa were not evaluated in any category. 2 taxa are under protection by BERN and 17 taxa are under protection by CITES.

**Keywords** – Flora, Yenice YHGS, Karabük, Turkey

<sup>1</sup>  ayseozturk@kastamonu.edu.tr

<sup>2</sup>  carex35@gmail.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author



## 1. Giriş

Türkiye, bitki türü sayısı bakımından kıta özelliği göstermektedir. Türkiye florasında bulunan takson sayısı Güner'e göre 11707 olup bu sayının 3649 (%31)'u endemiktir (Güner, 2012). Avrupa kıta florasının 2750'si endemik toplamda 12000 adet eğrelti ve tohumlu bitkiye sahip ve kıtanın ülkemizin yaklaşık olarak 15 katı büyüklüğünde olduğu düşünüldüğünde, yurdumuzun bitki çeşitliliği anlaşılmaktadır (Ekim ve ark., 2000). Yapılan flora, vejetasyon, bitki sosyolojisi, revizyon ve monograf vb. çalışmalarla bu sayının her geçen gün daha da artmakta olduğu ve toplam sayının 12354 taksona ulaştığı belirtilmektedir (Terzioğlu ve ark., 2021)

Ülkemiz biyolojik çeşitlilikle ilgili çok sayıda uluslararası anlaşma ve sözleşmelere taraftır. Biyoçeşitliliğin durumu, mevcut ve olası riskler, korunması ve sürdürülebilir kullanımı konusunda birçok çalışma yapılmıştır (Atik vd., 2010; Dilbirliği, 2007; Karagöz vd., 2016; Sivri vd., 2008; Uzun, 2004). Flora ve vejetasyon araştırmalarını tamamlamak ve habitat çeşitliliğini ortaya koymak biyolojik çeşitliliğin korunmasında büyük önem taşımaktadır.

“Dünya Ormancılık Örgütü FAO'nun” dünya üzerinde belirlediği “Mutlak Korunması Gereken Alanlar” içinde 100 adet sıcak noktadan 9 tanesi de Türkiye'de bulunmakta olup, bunlardan birisi de Yenice ormanlarıdır. Andersson ve arkadaşlarına göre; Biyolojik çeşitliliğin korunmasını konu alan “Rio Sözleşmesi”, her ülkenin biyolojik envanterini çıkarmasını ve bunları korumak için gerekli önlemleri almasını zorunlu kılmaktadır (Anderson ve ark.'na atfen Öztürk, 2016). Türk ekonomisi için hepsi müşterek biçimde hayati olan tarım, ormancılık, hayvancılık, balıkçılık, ilaç endüstrisi ve turizm, kullanım ve dinlenme için ürün, hammadde ve doğal habitatlar biyoçeşitliliğin korunmasına bağlıdır. Doğrudan ekonomik değerlere ek olarak, biyoçeşitliliğin korunması doğal, ekolojik ve sağlık hizmetlerinin çeşitliliğini sağlar (Kaya ve Raynal, 2001). Bu nedenlerden dolayı bitki biyoçeşitliliğinin ortaya çıkarılmasında flora ve vejetasyon çalışmalarına gerek vardır.

Büyük ölçüde nemli orman topluluklarından oluşan Yenice Ormanları, en önemli doğal kaynak değerlerinden biri olup ülkedeki önemli 122 Bitki Alanı'ndan birisidir (Özhatay, 2003). Türkiye'nin en bakir ve geniş orman alanlarından biri olan Yenice Ormanları, anıt ağaçları, derin vadi, akarsu ve içerdiği yaban hayatı zenginliğiyle 305 Önemli Doğa Alanlarından biridir. Bugün Yenice Ormanları'nın bir kısmı “Kavaklı Tabiatı Koruma Alanı”, “Çitdere Tabiatı Koruma Alanı” ve “Yenice Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (YHGS)” olarak koruma altına alınmıştır. Bölgede ormancılık çalışmalarının yapılabilmesi için “Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanı” ve “Yaylacık Araştırma Ormanı” olmak üzere iki araştırma ormanı kurulmuştur (Eken vd., 2006).

Çalışma alanının içinde bulunduğu Batı Karadeniz bölgesinde ve çalışma alanının yakın çevresinde daha önce farklı araştırmacılar tarafından floranı tespit etmek için bir çok çalışma yapılmıştır (Ketenoglu, 1977; Ketenoglu, 1981; Ketenoglu vd., 1983; Ketenoglu ve Aydoğdu, 1986; Kutbay, 1993; Özen, 1993; Korkmaz ve Engin, 2001; Başaran ve Adıgüzel, 2001; Korkmaz vd., 2005; Öner ve Abay, 2005; Aksoy, 2006; Demirörs ve Kurt, 2006; Koca ve Yıldırım, 2006; Aksoy, 2009; Arslan, 2010; Kanaoğlu, 2011; Özkan ve Aksoy, 2011; Özen vd., 2013; Dikilitaş vd., 2016; Aksoy vd., 2018; Tunçkol ve Aksoy, 2018; AYTEĞİN, 2019). Yenice YHGS'nin florasını belirlemeye yönelik bir çalışma olmadığından çalışma alanı olarak bu bölge seçilmiş ve bölgenin florası detaylı bir şekilde tespit edilmiştir. Endemik bitki taksonları ve tehlike kategorileri belirlenmiştir. Toplanan bitki örnekleri herbaryum materyali haline getirilerek bölgesel herbaryuma katkı sağlanmıştır. Sonuç olarak bu araştırma ile diğer çalışma ve ilgili disiplinlere katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Yenice YHGS'nin floristik yönden araştırılması amacıyla; 2015-2017 yıllarında bitkilerin vejetasyon dönemleri göz önüne alınarak yapılan floristik araştırmalar sırasında toplanan bitki örneklerinde çiçek, meyve, yaprak (otsularda bitkinin tamamı), sürgün, gövde, toprak altı kısmı (soğan, yumru, rizom vs.) ile



### 2.1.2. İklim

Araştırma alanına ait iklim verileri, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yenice İstasyonu 1989-2009 yıllarına ait rasat kayıtlarından temin edilmiştir.

Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Karabük İli'nde, çoğunlukla Karadeniz iklimi, denizden iç kısımda kaldığı ve Karadeniz'in nemli havasından yeterli düzeyde yararlanamadığı için de kısmen karasal iklimin özellikleri görülmektedir. Karadeniz iklimi ile karasal iklim arası bölgede bulunan Karabük ilinde geçiş iklimi etkilidir.

Araştırma alanı Karadeniz ikliminden dolayı dört mevsim yağışlı olsa da civardaki kıyı şehirlere göre daha az yağış almakta ve Temmuz ve Ağustos aylarında kurak bir dönem görülmektedir. 1989-2009 yılları arasında elde edilen verilere göre Yenice'de yıllık toplam yağış 533.3 mm miktarındadır.

DMİ Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen Karabük İli Yenice İlçesi'ne ait ortalama ve minimum nem verilerine göre yıllık ortalama nem, %73,6'dır. En düşük nem %3 ile Temmuz ayında, en yüksek ortalama nem ise %77,7 ile Kasım ayında gözlenmektedir (Anonim, 2018).

Karabük Yenice İstasyonu'na ait 20 yıllık esme sayıları toplamı göz önüne alındığında hâkim rüzgâr yönü Batı (W) bunu da sırasıyla, Kuzey (N) ve Kuzeybatı (NW) takip etmektedir.

Karabük İli Yenice İlçesi'ne ait sıcaklık değerlerine göre yıllık ortalama sıcaklık 13,7 °C'dir. Aylık ortalama sıcaklık en yüksek 23,5°C ile Temmuz-Ağustos aylarında, en düşük ortalama sıcaklık ise 4,8 °C ile Ocak ayındadır. En sıcak ay Ağustos olup maksimum sıcaklık ortalaması 31,4 °C, en soğuk ay ise Ocak olup minimum sıcaklık ortalaması 1,2 °C'dir (Anonim, 2018).

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Araştırma Alanının Fitocoğrafik Özellikleri

Yenice YHGS, P.H. Davis'in Türkiye Haritası Kareleme (Grid) Sistemi'ne göre, A4 karesinde, Fitocoğrafik açıdan ise; Holarktık Alemde; Avrupa Sibiryaya Fitocoğrafik Bölgesinin Öksin (Euxine) provensinin batı sektöründe bulunmaktadır (Zohary, 1973).

YHGS'nın kuzeye bakan alanları Karadeniz'den gelen nemli havanın etkisi altında bulunduğundan bu bölgelerde denizel iklimin özellikleri görülür. Kuzeye bakan bu alanlarda kayın saf olarak ya da diğer ibrelilerle karışım halindedir. Güneye bakan alanlar ise kuzeye bakan alanlara göre daha kurak iklimin etkisi altında ve Meşe (Quercus sp.) ağaçlarının hakim olduğu bozuk orman niteliğindedir. Daha düşük rakımlı alanlarda orman vejetasyonundan pseudomaki vejetasyonuna geçiş elemanları olan ağaççık ve çalı formunda türler hakimdir. Orman vejetasyonunun en alt katında da gölgeyi seven otsu türlerin bulunduğu kat mevcuttur.

Yenice YHGS sınırları içerisinde pseudomaki vejetasyonu büyük alanlar kaplamamakla beraber, yaprak dökken ve iğne yapraklı ormanların tahrip olduğu aşağı kesimlerde, bazı vadi girişleri ve dere kenarlarında saf ya da diğer orman ekosistemleriyle geçiş/karışım halinde bulunmaktadır.

YHGS dağlık ve eğimli bir araziye sahip olduğundan içerisinde çok sayıda vadi ve akarsu bulundurmaktadır. Dolayısıyla bu bölgelerde de akarsu-dere ekosistemini karakterize eden türler hakimdir.

### 3.2. Araştırma Alanının Florası

2015-2017 yılları arası Karabük Yenice YHGS'nda yapılan arazi çalışmaları sonucunda alanda doğal olarak yetişen 83 familyaya ait 297 cins ve 445 tür ve türaltı takson tespit edilmiş ve bunlara ait toplam 2225 bitki örneği toplanmıştır. Bu taksonlardan 5 familyaya ait 6 cins ve bu cinslere ait 7 tür Peridophyta, 78 familya ve 438 tür ve türaltı takson ise Sermatophyta şubesinde dir. Bunlardan 3 familya, 4 cins ve 6 tür



Gymnospermae sınıfına, 75 familyaya ait 432 tür ve tür altı takson ise Angiospermae sınıfına aittir. Araştırma alanında saptanan türlerin büyük bitki gruplarına dağılımları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Araştırma alanında saptanan türlerin büyük bitki gruplarına dağılımları

Bölüm	Takson Sayısı	Alt Bölüm	Takson Sayısı	Sınıf	Takson Sayısı
Pteridophyta	7				
		Gymnospermae	6		
Spermatophyta	438	Angiospermae	432	Dicotyledoneae	401
				Monocotyledoneae	31

En zengin taksona sahip familyalar ve araştırma alanında tespit edilen tür ve türaltı taksonların cinslere dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Araştırma alanında tespit edilen cins, tür ve türaltı taksonların familyalara dağılımı

Familya	Cins		Takson	
	Sayı	%	Sayı	%
Asteraceae	33	11,1	41	9,2
Apiaceae	21	7,1	25	5,6
Rosaceae	20	6,7	32	7,2
Poaceae	20	6,7	29	6,5
Fabaceae	18	6,1	39	8,8
Lamiaceae	16	5,4	26	5,8
Brassicaceae	11	3,7	14	3,1
Caryophyllaceae	9	3,0	15	3,4
Orchidaceae	9	3,0	13	2,9
Boraginaceae	8	2,7	10	2,2
Diğer (73 Familya)	132	44,4	201	45,2
Toplam (83 Familya)	297	100,0	445	100,0

Tablo 2 incelendiğinde araştırma alanında yapılan tespitlere göre en çok cins içeren familyanın Asteraceae (33) olduğu görülmektedir. Bu familyayı sırasıyla Fabaceae (21), Rosaceae-Poaceae (20), Lamiaceae (18), Apiaceae (16) familyaları takip etmektedir. En fazla cins sayısına sahip 10 familyanın toplam cins sayısı 165 olup tüm cins sayısına oranı %55,55’dir. Ayrıca; araştırma alanında en çok tür içeren familya Asteraceae (41) olarak tespit edilmiştir. Bu familyayı sırasıyla Fabaceae (39), Rosaceae (32), Poaceae (29), Lamiaceae (26), Apiaceae (25), familyaları takip etmektedir. En fazla tür ayısına sahip 10 familyanın toplam takson sayısı 244 olup tüm türlerin sayısına oranı %54,83’dir.

Araştırma alanında tespit edilen tür ve türaltı taksonların cinslere dağılımı incelendiğinde; en fazla tür ve türaltı takson içeren cinsler *Trifolium* (9), *Galium* (7), *Campanula* (6), *Silene-Vicia-Geranium-Veronica-Rumex* (5) şeklinde sıralanabilir (Tablo 3).

Tablo 3

Araştırma alanında tespit edilen tür ve türaltı taksonların cinslere dağılımı.

Cins	Takson Sayısı
Trifolium	9
Galium	7
Campanula	6
Silene	5
Vicia	5
Geranium	5
Veronica	5
Rumex	5

Araştırma alanındaki bitki taksonlarının %49,7'sinin Raunkiaer'(1934) in hayat formlarına göre hemikriptofit olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Alanın genel formasyon tipi orman olup, fanerofitlerin oranı %17,3, terofitler %15,3, kriptofitler %7, geofitler %6,7, kamefitler %2,5, sarılıcı fanerofitler %0,9, parazitler %0,4 ve hidrofiter %0,2 oranında bulunmaktadır (Tablo 4). Araştırma alanında bitki birliklerini oluşturan taksonların hayat formlarına bakıldığında; alanın genel formasyon tipi orman olmasına rağmen hemikriptofitlerin sayıca çoğunlukta olduğu görülmektedir. Fanerofitler egemen bitki örtüsünü oluşturduğundan, alanda açıklıkların ve çayır topluluklarının az olmasından dolayı terofitler sayıca daha az bulunmaktadır.

Tablo 4

Araştırma alanındaki türlerin hayat formlarına göre dağılımları

Hayat Formu	Takson Sayısı	%
Hidrofit	1	0,2
Parazit	2	0,4
Sarılıcı Fanerofit	4	0,9
Kamefit	11	2,5
Geofit	30	6,7
Kriptofit	31	7,0
Terofit	68	15,3
Fanerofit	77	17,3
Hemikriptofit	221	49,7
TOPLAM	445	100,0

Yenice YHGS, genellikle Avrupa-Sibirya flora bölgesine ait taksonlarla karakterize edilmektedir. Avrupa-Sibirya flora bölgesine ait toplam tür sayısı 173 olup, toplam takson sayısının %38,9'unu oluşturmaktadır (Tablo 5). Geniş yayılışlı ve floristik bölgesi bilinmeyen türlerin oranı ise %51,7'dir.

Tablo 5

Araştırma alanında saptanan taksonların fitocoğrafik bölgelere dağılımları

Fitocoğrafik bölge	Takson Sayısı	%
Akdeniz	17	3,8
Doğu Akdeniz	10	2,2
Avrupa-Sibirya	173	38,9
Hirkaniyen-Öksin	9	2
İran-Turan	6	1,4
Geniş yayılışlı ve bilinmeyen	230	51,7
TOPLAM	445	100

Alanda toplam endemik takson sayısı 17 olup; bu da alandaki tüm bitkilerin yaklaşık %3,8'ine tekabül etmektedir. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'na göre endemik taksonlar içerisinde 2 takson NT [*Abies nordmanniana* (Steven) Spach subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen, *Rumex gracilescens* Rech.f.], 3 takson EN [*Corydalis caucasica* Adams ex Steud. subsp. *abantensis* Lidén, *Erodium absinthoides* Willd. subsp. *latifolium* (P.H.Davis) P.H.Davis, *Hieracium macrogonum* (Zahn) P.D.Sell & C.West], 9 takson LC [*Galium fissurense* Ehrend. & Schönb.-Tem., *Phlomis russeliana* (Sims.) Lag. ex Benth., *Stachys cretica* L. subsp. *anatolica* Rech.f., *Jurinea pontica* Hausskn. & Freyn ex Hausskn., *Crataegus tanacetifolia* (Poir.) Pers., *Lathyrus tukhtensis* Czeaczott, *Iris kerneriana* Asch. & Sint. ex Baker, *Arum hygrophilum* Boiss. subsp. *euxinum* (R.R.Mill) Alpınar, *Verbascum eriocarpum* (Freyn & Sint.) Bornm.], 1 takson VU [*Seseli resinosum* Freyn & Sint.] kategorisinde değerlendirilmektedir. 2 takson [*Galanthus plicatus* M.Bieb. subsp. *byzantinus* (Baker) D.A.Webb, *Astrantia maxima* Pall. subsp. *haradjianii* (Grintz.) Rech.f.] ise herhangi bir kategoride değerlendirilmemiştir. 2 takson BERN [*Cyclamen coum* Mill. subsp. *coum*, *Vaccinium arctostaphylos* L.], 17 takson ise CITES [*Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce, *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Dactylorhiza saccifera* (Brongn.) Soó subsp. *saccifera* (Brongn.) Soó, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Ophrys apifera* Huds., *Orchis purpurea* Huds. subsp. *purpurea*, *Orchis simia* Lam., *Orchis pallens* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz subsp. *helleborine*, *Epipactis pontica* Taubenheim, *Limodorum abortivum* (L.) Sw. var. *abortivum*, *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb., *Galanthus plicatus* M.Bieb. subsp. *byzantinus* (Baker) D.A.Webb, *Cyclamen coum* Mill. subsp. *coum*, *Crocus speciosus* M.Bieb. subsp. *speciosus*, *Iris kerneriana* Asch. & Sint. ex Baker] tarafından koruma altında bulunmaktadır (Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8).

Tablo 6

Yenice YHGS da BERN'e göre korunan taksonlar

---

*Cyclamen coum* Mill. subsp. *coum*  
*Vaccinium arctostaphylos* L.

---

Tablo 7

Yenice YHGS'nda CITES'e göre korunan taksonlar

---

*Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich.  
*Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce  
*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.  
*Dactylorhiza saccifera* (Brongn.) Soó subsp. *saccifera*  
*Neottia nidus-avis* (L.) Rich.  
*Ophrys apifera* Huds.  
*Orchis purpurea* Huds.  
*Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb.  
*Galanthus plicatus* M.Bieb. subsp. *byzantinus* (Baker) D. A. Webb  
*Cyclamen coum* Mill. subsp. *coum*  
*Orchis simia* Lam.  
*Orchis pallens* L.  
*Epipactis helleborine* (L.) Crantz subsp. *helleborine*  
*Epipactis pontica* Taubenheim  
*Limodorum abortivum* (L.) Sw. var. *abortivum*  
*Crocus speciosus* M.Bieb. subsp. *speciosus*  
*Iris kerneriana* Asch. & Sint. ex Baker

---

Tablo 8

Yenice YHGS'nda IUCN'e göre bitkilerin koruma statüsü.

<i>Abies nordmanniana</i> (Steven) Spach subsp. <i>equi-trojani</i> (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen	NT
<i>Rumex gracilescens</i> Rech.f.	NT
<i>Galanthus plicatus</i> M.Bieb. subsp. <i>byzantinus</i> (Baker) D.A.Webb	
<i>Astrantia maxima</i> Pall. subsp. <i>haradjianii</i> (Grintz.) Rech.f.	
<i>Corydalis caucasica</i> Adams ex Steud. subsp. <i>abantensis</i> Lidén	EN
<i>Erodium absinthoides</i> Willd. subsp. <i>latifolium</i> (P.H.Davis) P.H.Davis	EN
<i>Hieracium macrogonum</i> (Zahn) P.D.Sell & C.West	EN
<i>Crataegus tanacetifolia</i> (Poir.) Pers.	LC
<i>Lathyrus tukhtensis</i> Czeczott	LC
<i>Iris kerneriana</i> Asch. & Sint. ex Baker	LC
<i>Arum hygrophilum</i> Boiss. subsp. <i>euxinum</i> (R.R.Mill) Alpınar	LC
<i>Galium fissurense</i> Ehrend. & Schönb.-Tem.	LC
<i>Phlomis russeliana</i> (Sims.) Lag. ex Benth.	LC
<i>Stachys cretica</i> L. subsp. <i>anatolica</i> Rech.f.	LC
<i>Verbascum eriocarpum</i> (Frey & Sint.) Bornm.	LC
<i>Jurinea pontica</i> Hausskn. & Frey ex Hausskn.	LC
<i>Seseli resinosum</i> Frey & Sint.	VU

Yapılan bu çalışma, araştırma alanına yakın çevrelerde diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla, takson sayısı, fitocoğrafik bölgelere göre dağılım ve endemizm bakımından karşılaştırılmıştır (Tablo 9). Karşılaştırma yapılan çalışmalar şunlardır: 1- Yaylacık Araştırma Ormanı (Yenice/Karabük) (Arslan ve Ketenoğlu, 2000), 2- Kart dağı (Kastamonu) (Özen,2008), 3- Sülüklügöl (Bolu - Mudurnu, Göynük / Adapazarı - Akyazı) Çevresi (Kanaoğlu,2011), 4- Bolu, Bartın ve Zonguldak illeri fındık bahçeleri (Başaran ve Adıgüzel, 2001), 5- Armutluçayır (Kastamonu) (Özen vd., 2013), 6- Küre Dağları Milli Parkı (Bartın bölümü) (Tunçkol ve Aksoy, 2018), 7- Karadere (Düzce-Bolu) vadisi (Aksoy vd., 2018), 8- Karakiriş dağı (Seben-Nallıhan)(Aksoy, 2009), 9- Kavaklı bölgesindeki (Yenice-Karabük) doğal yaşlı orman meşçerelerinin florası (Ayteğin, 2019), 10-Ovacık (Karabük) ve çevresi (Dikilitaş vd., 2016).

Tablo 9

Araştırma alanı ile karşılaştırma yapılan çalışmalar

Çalışma No	Familya	Takson Sayısı	Avrupa-Sibirya	Akdeniz	İran-Turan	Geniş Yayılışlı ve Fitocoğrafik Bölgesi Bilinmeyen	Endemizm Oranı (%)
1	73	526	%39,3 (207)	%4,4 (23)	%1,5 (8)	%54,8 (288)	4,21
2	72	351	%30 (104)	%7 (24)	%12 (42)	%42 (148)	4
3	79	406	%26,35 (106)	%4,93 (20)	%8,62 (35)	%60,10(244)	9,36
4	52	274	%20,08 (55)	%7,30(20)	%1,82 (5)	%64,24 (176)	1,46
5	66	277	%37,18 (103)	%1,08 (3)	%2,16 (6)	%59,58(165)	3,24
6	95	665	%27,37 (182)	%2,7 (18)	%11 (74)	%57,3(381)	3,36
7	72	327	%37 (121)	%8,9 (29)	%2,1 (7)	%52 (170)	4,2
8	72	511	%13,50 (69)	%7,83 (40)	%26,22(134)	%52,44 (268)	13,50
9	75	416	%33,8 (141)	%6,2 (26)	%1,9 (8)	%58 (242)	6,5
10	58	237	%18 (43)	%12 (29)	%10 (24)	%59 (141)	6,33

Karşılaştırılma yapılan çalışmalara bakıldığında; takson sayısı bakımından farklılıklar görülmektedir. Her ne kadar kıyaslanan çalışmalar A4 karesinde olsalar da, çalışma alanlarının büyüklüğü, konumları ve habitatları takson sayısı ve endemizm açısından farklılıklara neden olmuştur. Çalışılan alanlarda doğal olarak

yayıllı yapan bitkilerin fitocoğrafik dağılımlarına bakıldığında; Karakiriş dağı (Seben-Nallıhan) (Aksoy, 2009) ve Küre Dağları Milli Parkı (Bartın bölümü) (Tunçkol ve Aksoy, 2018) çalışmaları hariç diğer çalışmalarda tarafımızdan yapılan çalışmaya benzer şekilde Avrupa Sibiry elementleri bitkilerin çoğunlukta olduğu görülmektedir.

Yenice YHGS'nda, tarafımızdan yapılan çalışmada, en fazla cins içeren familyalar sırasıyla Asteraceae, Apiaceae, Rosaceae; en fazla takson içeren familyalar ise Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae'dir. Yakın çevrede yapılan flora çalışmalarında bu dağılıma bakıldığında; hem en fazla cins içeren hem de en fazla takson içeren familyanın tarafımızdan yapılan çalışmaya benzer olarak Asteaceae olduğu görülmektedir. Yakın bölge çalışmalarında; en fazla cins ve takson içeren familyalara bakıldığında, sırasında farklılıklar olmakla birlikte Rosaceae, Poaceae, Fabaceae ve Lamiaceae familyalarının ilk üçte olduğu görülmektedir.

Araştırma alanında en fazla takson içeren cinsler, yakın bölgelerde yapılan çalışmalarla kıyaslandığında; Kavaklı bölgesindeki (Yenice-Karabük) doğal yaşlı orman meşçerelerinin florası (Ayteğin, 2019) ve Kart dağı (Kastamonu) (Özen,2008) çalışmalarında tarafımızdan yapılan çalışmaya benzer olarak ilk sırada *Trifolium* bulunmakla birlikte genel olarak farklılıklar olduğu görülmektedir.

Araştırma alanındaki türler hayat formları bakımından yakın bölgelerde yapılan çalışmalarla kıyaslandığında; Kavaklı bölgesindeki (Yenice-Karabük) doğal yaşlı orman meşçerelerinin florası (Ayteğin, 2019), Karadere (Düzce-Bolu) vadisi (Aksoy vd., 2018) ve Sülüklügöl (Bolu - Mudurnu, Göynük / Adapazarı - Akyazı) Çevresi (Kanaoğlu,2011) çalışmalarında tarafımızdan yapılan çalışmaya benzer olarak ilk sırada hemikriptofitler ve ikinci sırada da fanerofitler bulunmaktadır. Küre Dağları Milli Parkı (Bartın bölümü) (Tunçkol ve Aksoy, 2018) ve Yaylacık Araştırma Ormanı (Yenice/Karabük) (Arslan ve Ketenoğlu, 2000) çalışmalarında ise ilk sırada benzer şekilde hemikriptofitler ancak ikinci sırada terofitler yer almaktadır.

#### 4. Sonuç

Araştırma alanı, coğrafi açıdan Batı Karadeniz Bölgesi'nde Karabük ili sınırları içerisinde ve ülkenin en büyük blok ormanlarını içererek geniş ormanlık alanları kapsayan Yenice ilçesinde bulunmaktadır. Türkiye'nin en doğal orman habitatları arasında yer alan Yenice ormanları, çok geniş alanlar kaplayan el değmemiş, iğne yapraklı ve yaprak dökken karışık doğal yaşlı ormanları ve birçoğu anıtsal boy ve kalınlığa ulaşmış ağaç bireyleri ile yer yer alan içerisinde yapılan ormancılık faaliyetleri, doğal afetler ve çeşitli zararlara rağmen "doğal yaşlı orman" özelliğini korumaktadır. Yenice ormanları, WWF tarafından Avrupa ölçeğinde korunması gereken 100 Sıcak Noktadan biri olup, coğrafi sınırları 2003 yılında tescil edilmiş olan Yenice YHGS ise, sıcak noktanın büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Araştırma alanı, 4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanununun 4. maddesine göre tescil edilmiş olup, toplam 26.687,78 hektarlık bir alanda yayılmaktadır. Sıcak noktanın en doğusu hariç büyük bir bölümü ulu geyik ve karacanın korunması için YHGS olarak koruma altına alınmıştır.

Yenice YHGS, biyocoğrafik açıdan Avrupa Sibiry Fitocoğrafik Bölgesi'nin Öksin (Euxine) provensinin batı sektörü içerisinde yer almaktadır. Euxine provensi, kendi içerisinde Karadeniz'den İç Anadolu'ya doğru eu-euxine, subeuxine ve ksero-euxine olmak üzere üç alt bölüme ayrılmaktadır. Sub-euxine bölümü, iç kesimlere doğru daha kurakça ksero-euxine ile nemli koşulların ve Kayın (*Fagus orientalis*) klimaks ormanının hakim olduğu (Karadeniz kıyı kesimleri) eu-euxine bölümü arasında uzanmaktadır (Zohary,1973).

Araştırma alanında iklimsel ve topoğrafik değişkenliklere bağlı olarak vejetasyonda, alan içerisinde farklılıklar gösteren genel bir tabakalaşma görülmektedir. Karadeniz bölgesi kendi içerisinde Akdeniz bölgesine, Avrupa Sibiry fitocoğrafik bölgesine ve çok az da olsa İran Turan bölgesine ait bitki türleri barındırmakta olup heterojen bir yapı göstermektedir.

Araştırma alanında doğal yayılışa sahip 83 familyaya ait 297 cins ve 445 takson tespit edilmiştir. Çalışma alanı 400-1600 metre arasında değişen yükseltilerde ve farklı bakılardadır. Bu özelliği farklı habitatların ve

bu habitatlarda farklı bitki topluluklarının oluşmasına imkân sağlamaktadır. Araştırma alanı floristik açıdan farklı elementlere sahip türleri içeren geniş bir bölgedir. Bu durum bölgenin farklı habitat tiplerini de bünyesinde bulundurduğunun göstergesidir. Alanda tespit edilen bitki gruplarına ait taksonların floristik bölgelere dağılımına bakıldığında Avrupa Sibirya kökenli türlerin, 38,9'luk bir oranla çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu durum da fitocoğrafik açıdan bulunduğu bölge ile uyum göstermektedir. Alanda geniş yayılışa sahip ve floristik bölgesi bilinmeyen türlerin sayısı da oldukça fazladır.

Çalışma alanında yer yer orman içi açıklık içerisinde çayır vejetasyonu bulunmakla beraber çok belirgin bir yapı göstermemektedir. Dere vejetasyonu da benzer şekilde küçük alanlarda yer almaktadır. Çalışma alanının hâkim vejetasyon tipi orman olup içerisinde yerleşim yeri bulunmamaktadır. Korunan alan olmasından dolayı ormancılık faaliyeti dışında ciddi bir etkiye maruz kalmamakla beraber doğal yapısında bozulma görülmemektedir.

### **EK- Yenice YHGS'na Ait Floristik Liste**

#### **EQUISETACEAE**

*Equisetum hyemale* L., 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1001, Kriptofit.

#### **ASPLENICEAE**

*Asplenium adiantum-nigrum* L., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1002, Kriptofit.

*Asplenium trichomanes* L., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1003, Kriptofit.

#### **CYSTOPTERIDACEAE**

*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1004, Kriptofit.

#### **DENNSTAEDTIACEAE**

*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1339.

#### **DRYOPTERIDACEAE**

*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1005, Kriptofit.

*Polystichum aculeatum* (L.) Roth, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1006, Kriptofit.

#### **POLYPODIACEAE**

*Polypodium vulgare* L. var. *vulgare*, 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1007, Kriptofit.

#### **GYMNOSPERMS**

##### **PINACEAE**

*Abies nordmanniana* (Steven) Spach subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1008, Karadeniz, Fanerofit.

*Pinus brutia* Ten. var. *Brutia*, 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1009, D. Akdeniz, Fanerofit.

*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1010, Kriptofit.

*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven, 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1011, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

##### **TAXACEAE**

*Taxus baccata* L., 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1012, Fanerofit.

##### **CUPRESSACEAE**

*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* var. *oxycedrus* f. *oxycedrus*, 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1340, Fanerofit.

#### **MAGNOLIIDS**

##### **ARISTOLOCHIACEAE**

*Aristolochia pontica* Lam., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1013, Karadeniz, Hemikriptofit.

##### **ARACEAE**

*Arum hygrophilum* Boiss. subsp. *euxinum* (R.R. Mill) Alpınar, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1341, Karadeniz, Hemikriptofit.

#### **MONOCOTS**

##### **DIOSCOREACEAE**



*Dioscorea communis* (L.) Caddick & Wilkin, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1342, Hemikriptofit.

#### COLCHICACEAE

*Colchicum speciosum* Steven, 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1343, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### LILIACEAE

*Fritillaria pontica* Wahlenb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1014, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Gagea bohemica* Schult.f., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1344, Hemikriptofit.

#### SMILACACEAE

*Smilax aspera* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1015, Fanerofit.

*Smilax excelsa* L., 30.08.2016, A.ÖZTÜRK 1016, Akdeniz, Fanerofit.

#### ORCHIDACEAE

*Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1017, Geofit.

*Cephalanthera damasonium* Druce, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1018, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Cephalanthera rubra* (L.) Rich., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1019, Geofit.

*Dactylorhiza saccifera* (Brongn.) Soó subsp. *saccifera*, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1020, D.Akdeniz, Geofit.

*Epipactis helleborine* (L.) Crantz subsp. *helleborine*, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1345, Geofit.

*Epipactis pontica* Taubenheim, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1346, Karadeniz, Geofit.

*Limodorum abortivum* (L.) Sw. var. *abortivum*, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1347, Geofit.

*Neottia nidus-avis* (L.) Rich., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1021, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Ophrys apifera* Huds., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1022, Geofit.

*Orchis pallens* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1348, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Orchis purpurea* Huds., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1023, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Orchis simia* Vill., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1349, Akdeniz, Geofit.

*Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1024, Geofit.

#### IRIDACEAE

*Crocus speciosus* M.Bieb. subsp. *speciosus*, 10.10.2016, A.ÖZTÜRK 1350, Geofit.

*Iris kerneriana* Asch. & Sint. ex Baker, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1351, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Iris sintenisii* Janka subsp. *sintenisii*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1025, Avrupa-Sibirya, Geofit.

#### AMARYLLIDACEAE

*Allium jubatum* J.F.Macbr., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1026, Karadeniz, Geofit.

*Galanthus plicatus* M.Bieb. subsp. *byzantinus* (Baker)D.A.Webb, 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1027, Karadeniz, Geofit.

#### ASPARAGACEAE

*Muscari neglectum* Guss. Ex Ten., 26.03.2016, A.ÖZTÜRK 1028, Geofit.

*Ornithogalum oligophyllum* E.D.Clarke, 26.03.2016, A.ÖZTÜRK 1029, Geofit.

*Ornithogalum wiedemannii* Boiss. var. *wiedemannii*, 01.06.2017, A.ÖZTÜRK 1030, Geofit.

*Polygonatum orientale* Desf., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1031, Karadeniz, Geofit.

*Ruscus hypoglossum* L., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1032, Avrupa-Sibirya, Geofit.

*Scilla bifolia* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1352, Akdeniz, Geofit.

#### COMMELINIDS

#### JUNCACEAE

*Juncus effusus* L. subsp. *effusus*, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1033, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Luzula forsteri* DC. subsp. *caspiaca* (Rupr. Ex Bordz.) Novikov, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1034, Hemikriptofit.

#### CYPERACEAE

*Carex remota* L. subsp. *remota*, 01.06.2017, A.ÖZTÜRK 1035, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Carex spicata* Brot. ex Kunth subsp. *spicata*, 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1353, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Carex sylvatica* Huds. subsp. *sylvatica*, 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1036, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### POACEAE

*Agrostis stolonifera* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1354, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Brachypodium pinnatum* (L.) P.Beauv., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1355, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

- Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P.Beauv., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1037, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Briza media* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1356, Hemikriptofit.  
*Bromus sterilis* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1038, Hemikriptofit.  
*Chrysopogon gryllus* Trin. subsp. *gryllus*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1039, Hemikriptofit.  
*Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. *villosus* Regel, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1040, Hemikriptofit.  
*Cynosurus cristatus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1041, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Cynosurus echinatus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1042, Akdeniz, Terofit.  
*Dactylis glomerata* L. subsp. *glomerata*, 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1043, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.  
*Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1044, Kriptofit.  
*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1045, Terofit.  
*Elymus hispidus* (Opiz) Melderis subsp. *hispidus*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1357, Hemikriptofit.  
*Eragrostis collina* Trin., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1046, Terofit.  
*Festuca drymeja* Mert. & W.D.J.Koch, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1358, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Festuca gigantea* (L.) Vill., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1359, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Festuca heterophylla* Lam., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1360, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Holcus lanatus* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1047, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Hordelymus europaeus* (L.) Jess. ex Harz., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1048, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Hordeum bulbosum* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1361, Hemikriptofit.  
*Melica uniflora* Retz., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1049, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Setaria verticillata* (L.) P.Beauv. var. *ambigua* (Guss.) Parl., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1050, Terofit.  
*Phleum montanum* K. Koch subsp. *montanum*, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1362, Hemikriptofit.  
*Phleum phleoides* H.Karst., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1363, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Poa angustifolia* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1051, Hemikriptofit.  
*Poa nemoralis* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1364, Hemikriptofit.  
*Poa pratensis* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1052, Hemikriptofit.  
*Poa trivialis* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1053, Hemikriptofit.  
*Rostraria cristata* (L.) Tzvelev var. *cristata*, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1365, Hemikriptofit.

**EUDICOTS****PAPAVERACEAE**

- Chelidonium majus* L., 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1054, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Corydalis caucasica* Adams ex Steud. subsp. *abantensis* Lidén, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1055, Karadeniz, Kriptofit.  
*Corydalis integra* Barbey&Major, 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1056, Kriptofit.  
*Papaver rhoeas* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1057, Terofit.

**RANUNCULACEAE**

- Actaea spicata* L., 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1058, Hemikriptofit.  
*Clematis vitalba* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1059, Sarılıcı Fanerofit.  
*Clematis viticella* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1060, Sarılıcı Fanerofit.  
*Helleborus orientalis* Lam., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1061, Karadeniz, Kriptofit.  
*Ranunculus brutius* Ten., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1366, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Ranunculus constantinopolitanus* d'Urv., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1062, Hemikriptofit.  
*Ranunculus neapolitanus* Ten., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1063, Hemikriptofit.  
*Ranunculus repens* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1367, Hemikriptofit.

**PLATANACEAE**

- Platanus orientalis* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1064, Fanerofit.

**BUXACEAE**

- Buxus sempervirens* L. subsp. *sempervirens*, 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1065, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

**CRASSULACEAE**

- Sedum album* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1368, Hemikriptofit.  
*Sedum pallidum* M.Bieb., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1066, Karadeniz, Terofit.

**SAXIFRAGACEAE**

- Saxifraga adscendens* L. subsp. *adscendens*, 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1067, Terofit.  
*Saxifraga cymbalaria* L., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1068, Terofit.  
*Saxifraga rotundifolia* L. subsp. *rotundifolia*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1069, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.

**ROSIDS,****FABID/ROSID I**

## CELASTRACEAE

*Euonymus latifolius* Mill. subsp. *latifolius*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1070, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

## OXALIDACEAE

*Oxalis corniculata* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1071, Terofit.

## HYPERICACEAE

*Hypericum androsaemum* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1072, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Hypericum bithynicum* Boiss., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1073, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Hypericum montbretii* Spach, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1074, Hemikriptofit.

*Hypericum perforatum* L. subsp. *veronense* (Schrank) H.Linb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1075, Hemikriptofit.

## VIOLACEAE

*Viola arvensis* Murray, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1369, Terofit.

*Viola odorata* L., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1075, Hemikriptofit.

*Viola sieheana* W.Becker, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1370, Hemikriptofit.

*Viola suavis* M.Bieb., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1076, Hemikriptofit.

## SALICACEAE

*Populus tremula* L. subsp. *tremula*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1077, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Salix alba* L. subsp. *alba*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1371, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Salix caprea* L., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1078, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

## EUPHORBIACEAE

*Euphorbia amygdaloides* L. subsp. *amygdaloides*, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1079, Avrupa-Sibirya, Kamefit.

*Euphorbia macroclada* Boiss., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1372, İran-Turan, Hemikriptofit.

*Euphorbia seguieriana* Neck. subsp. *niciciana* (Borbás ex Novák) Rech. f., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1080, Hemikriptofit.

*Euphorbia stricta* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1081, Avrupa-Sibirya, Terofit.

## LINACEAE

*Linum aroanium* Boiss. & Orph., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1082, Hemikriptofit.

**N-FIXING CLADE**

## FABACEAE

*Anthyllis vulneraria* L. subsp. *boissieri* (Sagorski) Bornm., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1373, Hemikriptofit.

*Argyrolobium biebersteinii* P.W.Ball, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1083, Hemikriptofit.

*Astragalus depressus* L. var. *depressus*, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1374, Hemikriptofit.

*Astragalus glycyphylloides* DC., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1084, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Astragalus microcephalus* Willd. subsp. *microcephalus*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1375, İran-Turan, Kamefit.

*Bituminaria bituminosa* (L.) C.H.Stirt., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1376, Akdeniz, Hemikriptofit.

*Colutea cilicica* Boiss. & Balansa, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1085, Fanerofit.

*Cytisus hirsutus* L., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1086, Fanerofit.

*Cytisus pygmaeus* Willd., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1377, Avrupa-Sibirya, Kamefit.

*Dorycnium graecum* Ser., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1087, Karadeniz, Fanerofit.

*Galega officinalis* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1088, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Genista januensis* Viv. subsp. *lydia* (Boiss.) Kit Tan & Ziel., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1089, D.Akdeniz, Fanerofit.

*Genista tinctoria* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1090, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Lathyrus aphaca* L. var. *biflorus* Post, 22.06.2017, A.ÖZTÜRK 1091, Akdeniz, Terofit.

*Lathyrus aureus* (Steven) Bornm., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1092, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Lathyrus laxiflorus* (Desf.) O.Kuntze subsp. *laxiflorus*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1093, Hemikriptofit.

*Lathyrus tukhtensis* Czeaczott, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1378, Hemikriptofit.

*Lotus corniculatus* L. var. *corniculatus*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1094, Hemikriptofit.

*Medicago arabica* (L.) Huds., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1095, Terofit.

*Medicago lupulina* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1096, Hemikriptofit.

*Melilotus albus* Desr., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1097, Terofit.

*Melilotus officinalis* Pall., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1098, Terofit.

- Pisum sativum* L. subsp. *elatius* (M.Bieb.) Aschers. & Graebn. var. *elatius*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1099, Akdeniz, Terofit
- Robinia pseudoacacia* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1100, Fanerofit.
- Securigera varia* (L.)Lassen., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1379, D.Akdeniz, Hemikriptofit.
- Trifolium arvense* L. var. *arvense*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1101, Terofit.
- Trifolium badium* Ledeb. subsp. *rytidosemium* (Boiss. & Hohen.) Hossain var. *rytidosemium*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1442, Hirkanya-Karadeniz, Hemikriptofit.
- Trifolium campestre* Schreb. subsp. *campestre* var. *campestre*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1102, Terofit.
- Trifolium medium* L. var. *medium*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1380, Hemikriptofit.
- Trifolium nigrescens* Viv. subsp. *petrisavii* (Clementi) Holmboe, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1103, Terofit.
- Trifolium ochroleucum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1381, Hemikriptofit.
- Trifolium patens* Schreb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1104, Terofit.
- Trifolium pratense* L. var. *pratense*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1105, Hemikriptofit.
- Trifolium repens* L. var. *repens*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1106, Hemikriptofit.
- Vicia cassubica* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1107, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.
- Vicia cracca* L. subsp. *cracca*, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1108, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.
- Vicia cracca* L. subsp. *stenophylla* (Velen.) C.D.Preston, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1109, Hemikriptofit.
- Vicia sativa* L. subsp. *nigra* (L.) Ehrh. var. *segetalis* (Thuill.) Ser. ex DC., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1110, Terofit.
- Vicia sepium* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1111, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.
- POLYGALACEAE**
- Polygala anatolica* Boiss. & Heldr., 19.06.2017, A.ÖZTÜRK 1112, Kamefit.
- Polygala pruinosa* Boiss. subsp. *pruinosa*, 19.06.2017, A.ÖZTÜRK 1382, Kamefit.
- ROSACEAE**
- Agrimonia eupatoria* L. subsp. *asiatica* (Juz.) Skalicky, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1113, Hemikriptofit.
- Agrimonia repens* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1383, Hemikriptofit.
- Alchemilla surculosa* Fröhner, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1384, Hirkan-Karadeniz (Dağ), Hemikriptofit.
- Amelanchier ovalis* Medik. subsp. *ovalis* (Boiss. & Hohen.) Bornm., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1385, D.Akdeniz, Kamefit.
- Cerasus avium* (L.) Moench, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1114, Fanerofit.
- Cotoneaster nummularius* Fisch. & C.A.Mey., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1386, Kamefit.
- Crataegus microphylla* K.Koch subsp. *microphylla*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1115, Hirkan-Karadeniz, Fanerofit.
- Crataegus pentagyna* Waldst.& Kit. ex Willd., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1116, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.
- Crataegus monogyna* Jacq. var. *monogyna*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1117, Fanerofit.
- Crataegus tanacetifolia* Pers., 19.06.2017, A.ÖZTÜRK 1387, Kamefit.
- Filipendula vulgaris* Moench, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1118, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.
- Fragaria vesca* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1119, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.
- Geum rivale* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1120, Hemikriptofit.
- Geum urbanum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1121, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.
- Lauro-cerasus officinalis* M.Roem., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1122, Fanerofit.
- Malus sylvestris* Miller subsp. *orientalis* (A. Uglitzkich) Browicz var. *orientalis*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1388, Fanerofit.
- Mespilus germanica* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1123, Hirkan-Karadeniz, Fanerofit.
- Potentilla argentea* L., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1124, Hemikriptofit.
- Potentilla inclinata* Vill., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1125, Hemikriptofit.
- Potentilla micrantha* Ramond ex DC., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1126, Hemikriptofit.
- Potentilla recta* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1127, Hemikriptofit.
- Prunus divaricata* Ledeb. subsp. *divaricata*, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1389, Fanerofit.
- Pyracantha coccinea* M.Roem., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1390, Kamefit.
- Pyrus communis* L. subsp. *communis*, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1391, Fanerofit.
- Pyrus elaeagnifolia* Pall. subsp. *elaeagnifolia*, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1128, Fanerofit.
- Rosa canina* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1129, Fanerofit.
- Rubus canescens* DC. var. *glabratus* (Godr.) P.H.Davis & Meikle, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1392, Avrupa-Sibirya, Kamefit.

*Rubus hirtus* Waldst.& Kit., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1130, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Rubus ibericus* Juz., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1131, Fanerofit.

*Rubus idaeus* L. subsp. *idaeus*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1393, Kamefit.

*Sanguisorba minor* Scop. subsp. *balearica* (Nyman) Muñoz Garm. & C.Navarro, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1443, Hemikriptofit.

*Sorbus torminalis* (L.) Crantz var. *torminalis*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1132, Fanerofit.

#### ULMACEAE

*Ulmus glabra* Huds., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1133, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

#### MORACEAE

*Ficus carica* L. subsp. *carica*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1134, Fanerofit.

#### URTICACEAE

*Urtica dioica* L. subsp. *dioica*, 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1135, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### DATISCEAE

*Datisca cannabina* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1136, Hemikriptofit.

#### FAGACEAE

*Castanea sativa* Mill., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1137, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Fagus orientalis* Lipsky, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1138, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex M.Bieb.) Krassiln., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1139, Fanerofit.

*Quercus pubescens* Willd. subsp. *pubescens*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1394, Fanerofit.

#### JUGLANDACEAE

*Juglans regia* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1140, Fanerofit.

#### BETULACEAE

*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *glutinosa*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1141, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Carpinus betulus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1142, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Corylus avellana* L. var. *avellana*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1143, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Corylus colurna* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1445, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Ostrya carpinifolia* Scop., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1144, Akdeniz, Fanerofit.

#### MALVID/ROSID II

#### GERANIACEAE

*Erodium absinthoides* Willd. subsp. *latifolium* (P.H.Davis) P.H.Davis, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1145, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Geranium asphodeloides* Burm. f. subsp. *asphodeloides*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1146, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Geranium columbinum* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1147, Terofit.

*Geranium lucidum* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1148, Terofit.

*Geranium pyrenaicum* Burm. f., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1149, Hemikriptofit.

*Geranium robertianum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1150, Terofit.

#### ONAGRACEAE

*Circaea lutetiana* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1151, Hemikriptofit.

*Epilobium angustifolium* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1152, Kriptofit.

*Epilobium hirsutum* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1153, Kriptofit.

*Epilobium lanceolatum* Sebast. & Mauri, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1395, Hemikriptofit.

*Epilobium montanum* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1154, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### STAPHYLEACEAE

*Staphylea pinnata* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1155, Karadeniz, Fanerofit.

#### ANACARDIACEAE

*Pistacia palaestina* Boiss., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1156, Doğu Karadeniz, Fanerofit.

*Rhus coriaria* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1157, Fanerofit.

#### SAPINDACEAE

*Acer campestre* L. subsp. *campestre*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1158, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Acer heldreichii* Boiss. & Heldr. subsp. *trautvetteri* (Medw.) A.E.Murray, 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1159, Karadeniz, Fanerofit.

*Acer negundo* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1160, Fanerofit.

*Acer platanoides* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1161, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

## RUTACEAE

*Dictamnus albus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1162, Hemikriptofit.

## THYMELAEACEAE

*Daphne pontica* L. subsp. *pontica*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1163, Karadeniz, Fanerofit.

## CISTACEAE

*Cistus creticus* L., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1164, Omni-Akdeniz, Fanerofit.

*Cistus salviifolius* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1165, Fanerofit.

*Helianthemum nummularium* (L.) Mill. subsp. *nummularium*, 24.05.2015, A.ÖZTÜRK 1166, Kamefit.

## MALVACEAE

*Alcea biennis* Winterl., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1167, Hemikriptofit.

*Malva alcea* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1168, Hemikriptofit.

*Malva neglecta* Wallr., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1169, Terofit.

*Tilia rubra* DC. subsp. *caucasica* (Rupr.) V.Engl., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1170, Karadeniz, Fanerofit.

## BRASSICACEAE

*Alliaria petiolata* (M.Bieb.) Cavara & Grande, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1171, Hemikriptofit.

*Alyssum trichostachyum* Rupr., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1172, Hemikriptofit.

*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1173, Terofit.

*Arabis sagittata* (Bertol.) DC., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1174, Hemikriptofit.

*Barbarea plantaginea* DC., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1175, Terofit.

*Calepina irregularis* Thell., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1176, Terofit.

*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1396, geniş yayılışlı, Terofit.

*Cardamine bulbifera* Crantz, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1177, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.

*Cardamine hirsuta* L., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1178, Terofit.

*Cardamine impatiens* L. subsp. *pectinata* (Pall. ex DC.) Stoj. & Stef., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1179, Avrupa-Sibirya, Terofit.

*Cardamine quinquefolia* (M.Bieb.) Benth. & Hook.f. ex Schmalh., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1180, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.

*Microthlaspi perfoliatum* (L.) F.K.Mey., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1397, Terofit.

*Sisymbrium officinale* (L.) Scop., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1181, Terofit.

*Turritis glabra* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1398, Terofit.

## SANTALACEAE

*Thesium arvense* Horv., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1399, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

## POLYGONACEAE

*Polygonum aviculare* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1182, Kozmopolit, Terofit.

*Polygonum persicaria* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1183, Terofit.

*Rumex acetosella* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1400, Kozmopolit, Hemikriptofit.

*Rumex crispus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1184, Hemikriptofit.

*Rumex gracilescens* Rech. f., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1185, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Rumex obtusifolius* L. subsp. *subalpinus* (Schur) Celak., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1186, Hemikriptofit.

*Rumex tuberosus* L. subsp. *tuberosus*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1401, Hemikriptofit.

## CARYOPHYLLACEAE

*Cerastium dubium* (Bastard) O.Schwarz, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1187, Terofit.

*Cerastium pumilum* Curtis subsp. *pumilum*, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1188, Terofit.

*Dianthus giganteus* d'Urv., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1189, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Dianthus orientalis* Adams, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1190, Hemikriptofit.

*Moehringia trinervia* (L.) Clairv., 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1191, Terofit.

*Moenchia mantica* Bartl.Cat.Sem.Hort.Gotting. ex W.D.J.Koch, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1192, Terofit.

*Myosoton aquaticum* Moench, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1193, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Saponaria glutinosa* M.Bieb., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1194, Hemikriptofit.

*Scleranthus annuus* L. subsp. *annuus*, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1195, Terofit.

*Silene compacta* Fisch. ex Hornem., 11.08.2016, A.ÖZTÜRK 1196, Hemikriptofit.

*Silene coronaria* Clairv. ex Rchb., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1197, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Silene italica* (L.) Pers. subsp. *italica*, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1198, Akdeniz, Hemikriptofit.



*Silene latifolia* Poir., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1199, Hemikriptofit.

*Silene vulgaris* (Moench) Garcke subsp. *vulgaris*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1402, Hemikriptofit.

*Stellaria media* (L.) Vill., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1200, Terofit.

#### AMARANTHACEAE

*Chenopodium murale* L., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1201, Terofit.

#### PHYTOLACCACEAE

*Phytolacca americana* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1202, Kamefit.

#### CORNACEAE

*Cornus mas* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1203, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Cornus sanguinea* L. subsp. *australis* (C.A.Mey.) Soó, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1204, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

#### BALSAMINACEAE

*Impatiens noli-tangere* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1205, Avrupa-Sibirya, Terofit.

#### PRIMULACEAE

*Anagallis arvensis* L. var. *arvensis* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1206, Terofit.

*Cyclamen coum* Mill. subsp. *coum*, 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1207, Geofit.

*Lysimachia verticillaris* Biehler, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1208, Hirkan-Karadeniz, Hidrofit.

*Primula acaulis* (L.) subsp. *acaulis*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1209, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### ERICACEAE

*Arbutus andrachne* L., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1210, Fanerofit.

*Erica arborea* L., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1211, Fanerofit.

*Monotropa hypopithys* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1403, Hemikriptofit.

*Orthilia secunda* (L.) House, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1404, Hemikriptofit.

*Pyrola chlorantha* Sw., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1405, Hemikriptofit.

*Rhododendron ponticum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1212, Karadeniz, Fanerofit.

*Vaccinium arctostaphylos* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1213, Karadeniz, Fanerofit.

#### EUASTERIDS

#### LAMIID/ASTERID I

#### RUBIACEAE

*Asperula involucrata* Wahlenb., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1214, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Asperula taurina* L., 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1215, Hirkan-Karadeniz, Hemikriptofit.

*Galium album* Willd. subsp. *prusense* (K.Koch) Ehrend. & Krendl, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1216, Hemikriptofit

*Galium aparine* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1406, Terofit.

*Galium fissurense* Ehrend. & Schönb.-Tem., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1217, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Galium odoratum* Scop., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1218, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.

*Galium paschale* Forssk., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1219, Doğu Akdeniz ( Dağ), Hemikriptofit.

*Galium rotundifolium* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1407, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Galium verum* L. subsp. *verum*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1220, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Sherardia arvensis* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1221, Akdeniz, Terofit.

#### GENTIANACEAE

*Centaurium erythraea* Rafin subsp. *erythraea*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1408, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Gentiana asclepiadea* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1222, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### APOCYNACEAE

*Vincetoxicum speciosum* Boiss. & Heldr., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1223, Doğu Akdeniz, Hemikriptofit.

#### CONVOLVULACEAE

*Calystegia silvatica* (Kit.) Griseb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1224, Hemikriptofit.

*Convolvulus arvensis* L., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1225, Hemikriptofit.

*Convolvulus cantabrica* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1226, Akdeniz, Hemikriptofit.

*Cuscuta europaea* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1227, Parazit.

#### SOLANAECAE

*Atropa bella-donna* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1228, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Physalis alkekengi* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1229, Hemikriptofit.

*Solanum americanum* Mill., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1230, Terofit.

*Solanum dulcamara* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1231, Avrupa-Sibirya, Terofit.

## BORAGINACEAE

- Aegonychon purpurocaeruleum*(L.) Holub, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1232, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Anchusa leptophylla* Roemer & Schultes subsp. *leptophylla*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1409, Hemikriptofit.  
*Cerinth minor* L. subsp. *auriculata* (Ten.) Domac, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1410, Hemikriptofit.  
*Cynoglossum montanum* L., 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1233, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Echium vulgare* L. subsp. *vulgare*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1234, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Myosotis alpestris* F.W.Schmidt subsp. *alpestris*, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1235, Kriptofit.  
*Myosotis ramosissima* Rochel, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1236, Terofit.  
*Myosotis sylvatica* Hoffm. subsp. *cyanea* (Hayek) Vesterg., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1237, Hemikriptofit.  
*Onosma heterophylla* Griseb., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1238, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Trachystemon orientalis* (L.)G.Don, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1239, Karadeniz, Kriptofit.

## OLEACEAE

- Fraxinus excelsior* L. subsp. *excelsior*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1240, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.  
*Ligustrum vulgare* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1241, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.  
*Phillyrea latifolia* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1242, Akdeniz, Fanerofit.

## PLANTAGINACEAE

- Digitalis ferruginea* L. subsp. *ferruginea*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1243, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Plantago lanceolata* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1244, Hemikriptofit.  
*Plantago major* L. subsp. *majör*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1245, Hemikriptofit.  
*Veronica chamaedrys* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1246, Avrupa-Sibirya, Geofit.  
*Veronica officinalis* L., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1247, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Veronica pectinata* L. var. *pectinata*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1411, Hemikriptofit.  
*Veronica persica* Poir., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1248, Terofit.  
*Veronica serpyllifolia* L., 12.05.2017, A.ÖZTÜRK 1249, Kamefit.

## SCROPHULARIACEAE

- Scrophularia scopoli* Hoppe ex Pers. var. *scopoli*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1250, Hemikriptofit.  
*Verbascum speciosum* Schrad., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1251, Hemikriptofit.

## LAMIACEAE

- Ajuga orientalis* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1412, Hemikriptofit.  
*Clinopodium grandiflorum* Kuntze, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1252, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Clinopodium nepeta* (L.) Kuntze subsp. *glandulosum* (Req.) Govaerts, 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1253, Hemikriptofit.  
*Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1254, Hemikriptofit.  
*Galeopsis bifida* Boenn., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1255, Avrupa-Sibirya, Terofit.  
*Lamium maculatum* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1413, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Lamium purpureum* L. var. *purpureum*, 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1256, Avrupa-Sibirya, Terofit.  
*Leonurus quinquelobatus* Gilib., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1257, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Melissa officinalis* L. subsp. *officinalis*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1258, Karadeniz, Kamefit.  
*Mentha longifolia* (L.) L. subsp. *longifolia*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1259, Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Mentha pulegium* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1414, Hemikriptofit.  
*Origanum vulgare* L. subsp. *viridulum* (Martrin-Donos) Nyman, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1260, Hemikriptofit.  
*Phlomis russeliana* Lag. ex Benth., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1261, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Prunella vulgaris* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1262, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Salvia forskahlei* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1263, Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Salvia glutinosa* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1264, Hirkan-Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Salvia tomentosa* Mill., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1265, Akdeniz, Kamefit.  
*Salvia virgata* Jacq., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1266, İran-Turan, Hemikriptofit.  
*Scutellaria albida* L. subsp. *velenovskiyi* (Rech. f.) Greuter & Burdet, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1415, D.Akdeniz, Hemikriptofit.  
*Sideritis taurica* Willd., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1267, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Stachys annua* (L.) L. subsp. *annua* var. *annua*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1268, Hemikriptofit.  
*Stachys byzantina* K.Koch, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1269, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Stachys cretica* L. subsp. *anatolica* Rech. f., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1270, İran-Turan, Hemikriptofit.  
*Stachys sylvatica* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1271, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Teucrium chamaedrys* L. subsp. *chamaedrys*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1272, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.  
*Thymus longicaulis* C. Presl subsp. *longicaulis*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1416, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

#### OROBANCHACEAE

*Euphrasia pectinata* Ten., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1273, Avrupa-Sibirya, Terofit.  
*Melampyrum arvense* L. var. *arvense*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1274, Avrupa-Sibirya, Terofit.  
*Odontites vulgaris* Moench, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1275, Avrupa-Sibirya, Terofit.  
*Orobanche minor* Sm., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1276, Parazit.  
*Pedicularis condensata* M.Bieb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1417, Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Rhinanthus angustifolius* C.C.Gmel. subsp. *grandiflorus* (Wallr.) D.A. Webb, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1418, Terofit.

#### VERBENACEAE

*Verbena officinalis* L. var. *officinalis*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1277, Hemikriptofit.

#### CAMPANULID/ASTERID II

##### AQUIFOLIACEAE

*Ilex colchica* Pojark., 12.04.2017, A.ÖZTÜRK 1278, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

##### CAMPANULACEAE

*Campanula glomerata* L. subsp. *hispida* (Witasek) Hayek, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1279, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Campanula latifolia* L. subsp. *latifolia*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1280, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Campanula lyrata* Lam. subsp. *lyrata*, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1281, Hemikriptofit.  
*Campanula olympica* Boiss., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1282, Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Campanula persicifolia* L. subsp. *persicifolia*, 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1283, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Campanula rapunculoides* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1284, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

##### ASTERACEAE

*Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium* var. *millefolium*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1285, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Anthemis cotula* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1419, Terofit.  
*Anthemis cretica* L. subsp. *pontica* (Willd.) Grierson, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1286, Hemikriptofit.  
*Arctium minus*(Hill)Bernh., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1287, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Bellis perennis* L., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1288, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Carlina vulgaris* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1420, Hemikriptofit.  
*Carpesium cernuum* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1289, Hemikriptofit.  
*Centaurea phrygia* L. subsp. *stenolepis* (Kerner) Gugler, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1290, Hemikriptofit.  
*Chondrilla juncea* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1291, Hemikriptofit.  
*Cichorium intybus* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1292, Hemikriptofit.  
*Cirsium arvense* (L.) Scop., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1293, Hemikriptofit.  
*Cirsium hypoleucum* DC., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1294, Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Cirsium ligulare* Boiss., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1295, Hemikriptofit.  
*Conyza canadensis* (L.) Cronquist, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1296, Terofit.  
*Cota tinctoria* (L.) J.Gay var. *discoidea* (All.) Özbek&Vural, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1297, Hemikriptofit.  
*Crepis foetida* L. subsp. *rhoeadifolia* (M.Bieb.) Čelak., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1298, Terofit.  
*Doronicum orientale* Hoffm., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1299, Kriptofit.  
*Echinops sphaerocephalus* L. subsp. *sphaerocephalus*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1421, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Eupatorium cannabinum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1300, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Hieracium macrogonum* (Zahn) P.D.Sell & C.West, 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1301, Karadeniz, Hemikriptofit.  
*Hieracium pannosum* Boiss., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1422, D.Akdeniz (Dağ), Hemikriptofit.  
*Inula conyzae* (Griess.) Meikle, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1302, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Inula ensifolia* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1423; Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Jurinea pontica* Hausskn. & Freyn ex Hausskn., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1303, İran-Turan, Hemikriptofit.  
*Lactuca muralis* (L.) Gaertn., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1304, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.  
*Lapsana communis* L. subsp. *intermedia* (M.Bieb.) Hayek var. *intermedia*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1305, Hemikriptofit.  
*Leontodon hispidus* L. subsp. *hispidus*, 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1306, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.  
*Petasites hybridus* (L.) G.Gaertn., B.Mey. & Scherb., 26.03.2015, A.ÖZTÜRK 1307, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.

*Pilosella piloselloides* (Vill.) Soják subsp. *magyarica* (Peter) S.Bräut. & Greuter, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1308, Hemikriptofit.

*Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh. subsp. *dysenterica*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1424, Hemikriptofit.

*Pulicaria odora* (L.) Rechb., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1309, Akdeniz, Hemikriptofit.

*Senecio vernalis* Waldst. & Kit., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1310, Terofit.

*Solidago virgaurea* L. subsp. *virgaurea*, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1311, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Sonchus asper* (L.) Hill subsp. *glaucescens* (Jord.) Ball, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1312, Hemikriptofit.

*Tanacetum parthenium* Sch. Bip., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1313, Hemikriptofit.

*Tanacetum poteriifolium* (Ledeb.) Grierson, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1425, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Taraxacum macrolepium* Schischk., 12.05.2017, A.ÖZTÜRK 1314, Hemikriptofit.

*Telekia speciosa* (Schreb.) Baumg., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1315, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Tragopogon coloratus* C.A.Mey., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1426, İran-Turan, Hemikriptofit.

*Tragopogon dubius* Scop., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1427, Hemikriptofit.

*Tussilago farfara* L., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1316, Avrupa-Sibirya, Kriptofit.

#### ARALIACEAE

*Hedera colchica* (K.Koch) K.Koch, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1317, Karadeniz, Sarılıcı Fanerofit.

*Hedera helix* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1318, Karadeniz, Sarılıcı Fanerofit.

#### APIACEAE

*Aethusa cynapium* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1319, Avrupa-Sibirya, Terofit.

*Angelica sylvestris* L. var. *sylvestris*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1320, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Anthriscus nemorosa* Baker & S.Moore, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1428, Hemikriptofit.

*Astrantia maxima* Pall. subsp. *haradjianii* (Grintz.) Rech. f., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1429, Hemikriptofit.

*Caucalis platycarpus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1430, Terofit.

*Chaerophyllum angelicifolium* M.Bieb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1431, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Chaerophyllum aureum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1432, Hemikriptofit.

*Chaerophyllum byzantinum* Boiss., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1321, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Conium maculatum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1433, Terofit.

*Eryngium giganteum* M.Bieb., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1322, Karadeniz, Hemikriptofit.

*Heracleum sphondylium* L. subsp. *montanum* (Schleich. ex Gaudin) Briq., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1323, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Laser trilobum* Borkh. ex Gaertn., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1324, Hemikriptofit.

*Laserpitium hispidum* M.Bieb., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1325, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Oenanthe pimpinelloides* L., 09.06.2016, A.ÖZTÜRK 1326, Hemikriptofit.

*Orlaya daucoides* (L.) Greuter, 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1327, Akdeniz, Terofit.

*Pastinaca sativa* L. subsp. *urens* (Req. ex Gren. & Godr.) Celak, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1328, Hemikriptofit.

*Peucedanum aegopodioides* (Boiss.) Vandas, 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1434, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Peucedanum caucasicum* K.Koch, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1435, Hirkan- Karadeniz, Hemikriptofit.

*Peucedanum longifolium* Waldst. & Kit., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1436, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Physospermum cornubiense* DC., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1329, Hemikriptofit.

*Sanicula europaea* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1330, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Seseli resinosum* Freyn & Sint., 23.11.2015, A.ÖZTÜRK 1331, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Smyrniium perfoliatum* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1437, Hemikriptofit.

*Tordylium maximum* L., 24.05.2016, A.ÖZTÜRK 1438, Terofit.

*Torilis japonica* DC., 11.08.2015, A.ÖZTÜRK 1332, Terofit.

#### ADOXACEAE

*Sambucus ebulus* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1333, Avrupa-Sibirya, Hemikriptofit.

*Sambucus nigra* L., 31.05.2017, A.ÖZTÜRK 1334, Avrupa-Sibirya, Fanerofit.

*Viburnum lantana* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1439, Avrupa-Sibirya, Kamefit.

#### CAPRIFOLIACEAE

*Dipsacus fullonum* L., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1335, Hemikriptofit.

*Lonicera orientalis* Lam., 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1440, Kamefit.

*Scabiosa atropurpurea* L., 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1336, Hemikriptofit.

*Scabiosa columbaria* L. subsp. *ochroleuca* (L.) Čelak var. *ochroleuca*, 02.07.2015, A.ÖZTÜRK 1441, Hemikriptofit.

*Valeriana alliariifolia* Adams, 02.06.2017, A.ÖZTÜRK 1337, Hemikriptofit.

*Valerianella carinata* Loisel., 04.04.2016, A.ÖZTÜRK 1338, Terofit.

## Kaynaklar

- Akman, Y., & Daget, P. H. (1971). Quelques Aspects Synoptiques des Climats de la Turquie. *Bulletin Societe Languedocienne Geographie*, 5(3), 269-300.
- Aksoy, N. (2006). Elmacık Dağı (Düzce) Vejetasyonu. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 381 s.
- Aksoy, N. (2009). Karakiriş Dağı (Seben-Nallıhan) Florası. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(2), 104-125.
- Aksoy, N., Özkan, N. G., Aslan, S., Zorlu, Y., & Ayteğin, A. (2018). Karadere (Düzce-Bolu) vadisi florası. *Ot Sistemik Botanik Dergisi*, 25(1), 31-76.
- Anonim, (2012). Karabük Yenice Yaban Hayatı Geliştirme Sahası Yönetim ve Gelişme Planı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 10. Bölge Müdürlüğü, Karabük.
- Anonim, (2018). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yenice İstasyonu 1989-2009 yıllarına ait rasat kayıtları.
- Arslan, M. (2010). Yaylacık Araştırma Ormanının Bitki Sosyolojisi Yönünden İncelenmesi. İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. (0288) <https://icanadolu.ogm.gov.tr/Yayinlar/Forms/DispForm.aspx?ID=860>, Erişim tarihi: 16/03/2018.
- Arslan, M., Ketenoğlu, O. (2020). Flora of Yaylacık Research Forest in Karabük Yenice, Turkey. *Forestist*, 71(3), 175-195.
- Atik, A. D., Öztekin, M., & Erkoç, F. (2010). Biyoçeşitlilik ve Türkiye'deki Endemik Bitkilere Örnekler. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 30(1), 1-15.
- Ayteğin, A. (2019). Kavaklı bölgesindeki (Yenice-Karabük) doğal yaşlı orman meşcerelerinin florası. Yüksek lisans tezi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce, 241 s.
- Başaran, M. S., Adıgüzel, N. (2001). Flora of hazelnut plantation in Bolu, Bartın and Zonguldak provinces. *Bitki Koruma Bülteni*, 41(1), 39-66.
- BERN Convention (1979). <https://www.coe.int/en/web/conventions/fulllist/-/conventions/treaty/104> (15.09.2018).
- Davis, P. H. (Ed.) (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol.; 1-9*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh Univ. Press., Edinburgh, Vol. 10.
- Demirörs, M., Kurt, F. (2006). Saka Dağı Florasına Katkıları Kastamonu/Türkiye. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1), 241-244.
- Dikilitaş, B., Güler, B., Uğurlu, E., Altan, Y. (2016). Ovacık (Karabük) ve Çevresinin Floristik Özellikleri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 253-264.
- Dilbirliği, E. (2007). Bitkisel biyolojik çeşitlilik ve genetik kaynaklarının sürdürülebilir kullanım stratejilerinin değerlendirilmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T. ve Lise, Y. (Eds). (2006). *Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları*. Ankara: Doğa Derneği.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., & Adıgüzel, N. (2000). *Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı*. Ankara: Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van 100. Yıl Üniversitesi.
- Emberger, L. (1954). Une Classification Biogéographique des Climats. *Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier. Série Botanique*, 7, 3-43.



- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, Mecit., Dumay, Hayri., Aytaç, Z., Adıgüzel, N. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı, *Türkiye Tabiatını Koruma Derneği & Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi*, Ankara.
- Güner, A. (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. And Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands (Supplement 2), Vol 11*, University Press, Edinburgh.
- Inskipp, T. & Gillett, H.J. (eds.) (2005). Checklist of CITES species and annotated CITES appendices and reservations, Compiled by UNEP-WCMC, CITES Secretariat, Geneva, Switzerland and UNEP-WCMC, Cambridge, UK, 339.
- Kanaoğlu, S.S. (2011). Sülüklügöl (Bolu - Mudurnu, Göynük / Adapazarı - Akyazı) çevresinin florası. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce, 275 s.
- Karagöz, A., Özbek, K., & Sarı, N. (2016). Problems Regarding Conservation and Sustainable Use of Turkey's Plant Biodiversity and Proposed Solutions. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1).
- Kaya, Z., & Raynal, D. J. (2001). Biodiversity and Conservation of Turkish Forests. *Biological Conservation*, 97, 131-141.
- Ketenoglu, O. (1977). Gerede-Aktaş Ormanının Fitososyolojik ve Fitoekolojik Yönden Araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 79 s.
- Ketenoglu, O. (1981). Kastamonu-İnebolu-Cide Arasındaki Batı Küre Dağlarının Vejetasyonunun Bitki Ekolojisi ve Bitki Sosyolojisi Yönünden Araştırılması. TÜBİTAK, Proje no: TBAG-360, Ankara.
- Ketenoglu, O., Akman, Y., & Aydoğdu, M. (1983). A Phytosociological Research on the Maquis Formation in the West Black Sea Region. *Communications de la Faculté des sciences de l'Université d'Ankara, Série C(1)*, 11-19.
- Ketenoglu, O. ve Aydoğdu, M. (1986). Çankırı-Çorum-Sungurlu Arasındaki Bölgenin Vejetasyonunun Bitki Sosyolojisi Yönünden Araştırılması. TÜBİTAK Proje No:TBAG-624, Ankara, 73 s.
- Koca, A. D., & Yıldırım, Ş. (2006). Flora of Akcakoca district (Düzce-Turkey), IV. Balkan Botanical Congress,148-159, Sofia.
- Korkmaz, H. ve Engin, A. (2001). The Flora of the Boyabat (Sinop) Dam and Its Environs. *Turk J Bot* 25, 397-435.
- Korkmaz, H., Yalçın, E., Engin, A., & Yıldırım, C. (2005). Flora of Tavşan Mountain (Merzifon-Amasya). *Ot sistematik Botanik Dergisi*, 12(2), 103-140.
- Kutbay, H. G. (1993). Bafra Nebyan Dağı ve Çevresinin Vejetasyonu Üzerinde Floristik, Fitososyolojik ve Ekolojik Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Öner, N. ve Abay, G. (2005). The vegetation of Yenice forests (İlgaz/Çankırı). *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 5, 164-180.
- Özen, F. (1993). Alaçam-Gerze ve Boyabat Durağan Arasında Kalan Bölgenin Vejetasyonu Üzerinde Floristik Fitososyolojik ve Ekolojik Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özen, C.E. (2008). Kart dağı florası. Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 83 s.
- Özen, M. D., Özbek, M. U., & Vural, M. (2013). Flora of Armutluçayır Kastamonu/Turkey. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 6(1), 22-31.
- Özhatay, N., Byfield, A., Atay, S. (2003). Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları, İstanbul: WWF Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı).
- Özkan, N. G., & Aksoy, N. (2011). Hasanlar Baraj Gölü (Düzce) ve Çevresinin Florası. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 7(2), 39-72.
- Öztürk, D. (2016). Eskişehir'deki jipsli ve marnlı toprakların flora ve vejetasyonu. Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*. Eskişehir.
- Raunkiaer, C. (1934). The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography: Oxford at the Clarendon

- Press. <https://archive.org/details/> in.ernet.dli.2015.271790 (Erişim Tarihi: 19.03.2018)
- Sivri, N., Kalkan, E., & Oksay, R. G. (2008). Dünya’da ve Türkiye’de Çed Uygulamaları ve Biyoçeşitliliğin Korunması. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1(2), 07-14.
- Terzioğlu, S., Akbulut, S., Özkan, Z.C., Serdar, B. ve Öztürk, M. (2021). Türkiye’nin Bitkisel Biyoçeşitliliği ve Odun Dışı Bitkisel Ürünleri. Şu eserde: Pakdemirli, B., Küçük, Ö., Bayraktar, Z., Takmaz, S. (editörler), Ekoloji ve Ekonomi Ekseninde Türkiye’de Orman ve Ormancılık. 14. Bölüm: 487-546, Ankara.
- Tunçkol, B., & Aksoy, N. (2018). Küre Dağları Milli Parkı’nın florası (Bartın bölümü). *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 14(2), 80-113.
- URL-1 (2018). <http://apps.kew.org/herbcat/navigator.do>, Kew Herbarium, Royal Botanic Gardens, Kew, (01.05.2018).
- URL-2 (2018). <https://data.rbge.org.uk/search/herbarium/> Edinburgh Herbarium, Royal Botanic Garden Edinburgh. Herbarium Catalogue, (01.05.2018).
- URL-3 (2018). <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (01.05.2018).
- URL-4 (2018). <https://bizimbitkiler.org.tr/list.html>, (01.05.2018).
- URL-5 (2018). <http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php>, (01.05.2018).
- URL-6 (2018). <https://www.ipni.org/n/328248-2>, (01.05.2018).
- URL-7 (2018). <https://powo.science.kew.org/results?q=acer> (01.05.2018).
- Uzun, A. (2004). Biyoçeşitlilik ve Türkiye Biyoçeşitliliğine Genel Bir Bakış. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (7), 14-32.
- Zohary, M. (1973). *Geobotanical Foundations of the Middle East*. Stuttgart: Taylor & Francis.

# Comparison of the Gas Exchange Parameters of Two Maple Species (*Acer negundo* and *Acer pseudoplatanus*) Seedlings under Drought Stress

İsmail KOÇ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Duzce University, Forestry Vocational School, Duzce, Turkey

## Article History

Received: 11.01.2022

Accepted: 28.03.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article



**Abstract** – In this study, two-year-old bare-root *Acer negundo* and *Acer pseudoplatanus* seedlings were grown indoors (control vs. drought-stressed) and outside the hoop house to examine leaf gas exchange parameters in the late growing period. Besides morphological features, several gas exchange parameters, such as net photosynthetic rate (*Anet*), transpiration rate (*E*), stomatal conductance (*gs*), intercellular CO<sub>2</sub> to ambient CO<sub>2</sub> (*Ci/Ca*), water use efficiency (*WUE=Anet/E*), intrinsic water use efficiency (*iWUE=Anet/gs*) were measured. As a result, *A. pseudoplatanus* seedlings had a higher stem height growth. *A. negundo* had a higher *Anet*, and a lower *iWUE* and *Ci/Ca* than *A. pseudoplatanus*. Seedlings grown under control treatment had a higher *Anet*, *gs*, *E*, and a lower *iWUE*, *WUE*, and *Ci/Ca* values than other treatments. In conclusion, there was no significant difference between the two *Acer* species in terms of gas exchange parameters. However, it can be said that *A. negundo* and *A. pseudoplatanus* are drought resistant.

**Keyword** – *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, stomatal conductance, net photosynthetic rate, water use efficiency

## Kuraklık Stresi Altındaki İki Akçaağaç Türünün (*Acer negundo* ve *Acer pseudoplatanus*) Fidanlarının Gaz Değişim Parametrelerinin Karşılaştırılması

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Ormancılık Meslek Yüksekokulu, Düzce, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 11.01.2022


Kabul: 28.03.2022

Yayım: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi

**Öz** – Bu çalışmada, iki yaşında çıplak köklü *Acer negundo* ve *Acer pseudoplatanus* fidanlarının büyüme dönemi sonundaki yaprak gaz alışveriş parametrelerini incelenmek için sera içinde (kontrol vs. kuraklık stresi altında) ve dışında açık alan koşulları altında yetiştirilmiştir. Morfolojik özellikler yanında, net fotosentez (*Anet*), terleme oranı (*E*), stoma iletkenliği (*gs*), hücreler arası CO<sub>2</sub>'in ortamdaki CO<sub>2</sub>'ye oranı (*Ci/Ca*), anlık bitki su kullanım etkinliği (*WUE=Anet/E*) ve içsel (gerçek) su kullanım etkinliği (*iWUE=Anet/gs*) ölçülmüştür. Sonuç olarak *A. pseudoplatanus* fidanları *A. negundo*'ya göre daha fazla boy büyümesi yapmıştır. *A. negundo*'nun *A. pseudoplatanus*'tan daha yüksek *Anet* ve daha düşük *iWUE* ve *Ci/Ca*'ya sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrol uygulaması altında yetişen fidanlar, diğer uygulamalara göre daha yüksek *Anet*, *gs*, *E* ve daha düşük *iWUE*, *WUE* ve *Ci/Ca* değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, gaz değişim parametreleri açısından iki akçaağaç türü arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak, *A. negundo* ve *A. pseudoplatanus*'un kuraklığa dayanıklı bir ağaç türü olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler** – *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, stoma iletkenliği, net fotosentez, su kullanım verimliliği.

<sup>1</sup>  ismailkoc@duzce.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## **1. Introduction**

The world has faced many calamities, such as volcanic eruptions, wildfires, earthquakes, pollution, melting ice in the Arctic, and global warming resulting from climate change. Extreme weather events' frequency started to increase with the Industrial Revolution due to heavy usage of natural resources resulting in changing climate and increased pollution, especially in urban areas (Koç, 2021a). Under the social pressure caused by the increasing world population, forest ecosystems and climate change are negatively affected (Kaptan et al., 2021). Climate change has become one of the irreversible critical problems worldwide. Global climate change affects plant compositions as well as land cover change (Kaptan, 2021). As a result of climate change, the temperature has been increased by almost 1 °C in the last century and keeps increasing (IPCC, 2014a), and drought events have become more frequent and severe worldwide (Koç, 2019; Koç, 2021b, c; Koç et al., 2021; Koç and Nzokou, 2022). Elevation can play a critical role in the effect of drought events on plant species distribution in their natural areas (Ozel et al., 2021). Urban areas are about 10 °C warmer than adjacent rural environments because of heat islands (Zhou et al., 2017). Plants may face some positive or negative consequences from warmer air temperatures and relations between heating, drought stress, and air pollution.

The intensity and frequency of drought will likely be more usual recently due to global warming because of increased greenhouse gases concentration in the air (IPCC, 2014a; Varol et al., 2021) that more likely to be related to a decrease in soil moisture (Xu et al., 2020). Based on the future climate change projection scenarios, the temperature may increase 2.5 °C by 2050 and 5.4 °C by 2100 in the world (IPCC, 2014b) as well as in the cities of Turkey (Canturk and Kulaç, 2021; Koç, 2021d, e). Increasing air temperature accelerates the evaporation and may decrease or increase the precipitation (rain, snow) in some regions that trigger global warming, which tree species will face drought stress in their natural forests and plantation sites. Remarkably species in temperate forests commonly responded positively to increases in temperature in their natural habitat (Sendal et al., 2015; Lahr et al., 2018); however, the responses of these tree species found in urban areas are inconsistent.

As a result of global warming, plants have been faced drought in their natural and plantation areas (Koç, 2019; Koç, 2021b, c; Koç et al., 2021). Drought stress in plants is caused by increased temperature and evaporation in the air, and reduced precipitation. Drought stress is critical abiotic stress that limits tree growth, development, biochemical activities, physiology (Sevik and Erturk, 2015; Li et al., 2020; Guo et al., 2021; Koç, 2021b, c; Koç et al., 2021; Seleiman et al., 2021; Koç and Nzokou, 2022), even germination (Koc and Nzokou, 2018). However, each plant species has different response mechanisms to drought stress due to genetic differences and environmental factors.

The anatomical, morphological, and phenotypic features of tree species result from the combination of genetic and environmental conditions (Koç, 2021a; Ozel et al., 2021). Within environmental factors, water is one of the essential compounds for all processes in plants started with seed germination (Koc and Nzokou, 2018; Koç, 2021b), followed by growth, development, physiological and biochemical reactions such as photosynthesis and carbon assimilation (Yildiz et al., 2014; Koç, 2021b, c; Seleiman et al., 2021; Koç and Nzokou, 2022). All these processes are directly and indirectly associated with water use efficiency in woody plants (Soba et al., 2020; Wang et al., 2020) that may differ under various environmental conditions, such as heavy metal contamination, salt stress, and cold and drought stress. Water use efficiency in plants is described as the quantity of water used to produce a unit of fixed carbon or biomass unit throughout the process of photosynthesis (Maier et al., 2019). Water use efficiency is a key index that uncovers the plant physiological adaptation to arid and semi-arid regions.

Plants are hindered water and nutrient uptake in arid and semi-arid regions (Fageria et al., 2016), marginal lands (Shults et al., 2020), and urban areas, resulting in drought (Seleiman et al., 2021), which restricts many biochemical processes in plants. A decline in turgor pressure triggers stomatal closure with a signaling mechanism that reduces transpiration under drought (Dayer et al., 2020; Seleiman et al., 2021; Yang et al., 2021).

Among biochemical processes in plants, leaf gas exchange is used to determine whether the plants are affected by drought. Gas exchange measurement in plants occurs instantly from their fully grown leaves that reflect the status of plants.

The Li-Cor portable photosynthesis system (Li-Cor Biosciences, Lincoln, NE, USA) has recently gained fame in measuring leaf gas exchange parameters due to proving robust, reliable instant responses excepts time delays. The recent model of Li-Cor 6800 is a closed system that controls relative humidity, IRGA, CO<sub>2</sub>, and light intensity; that whole measured is based on a unit area on the broad leaves. This instrument provides information from the plant, such as net photosynthetic (assimilation) rate, stomatal conductance to water vapor, transpiration rate, intrinsic water use efficiency, and water use efficiency. Water use efficiency is indicated the ratio of net photosynthetic rate and transpiration, while intrinsic water use efficiency reflects the proportion of net photosynthetic rate and stomatal conductance (Lambers et al., 2010). Robust stomatal control induces to improve long-period (de Miguel et al., 2012) and short-period water use efficiency (Comstock, 2002). Besides stomatal conductance and net photosynthesis, these two gas exchange parameters have been usually used to determine the correlation between plant status and plant physiology under drought.

Among deciduous species, the maple (*Acer*) species is an important tree species consisting of over 150 species globally, primarily distributed in the northern hemisphere and distributed in Asia, Europe, North America, and North Africa (Yaltrık, 1971). About 10 maple species are naturally found in Turkey (Yaltrık, 1967, 1971; Davis et al., 1988). Besides the natural maple trees, exotic maple species have been used in Turkey's many cities' landscapes. Within maple trees, *Acer negundo* (L.) (Ash-leaved maple) and *Acer pseudoplatanus* (Sycamore maple) are one of two species primarily seen in many urban landscaping in Turkey due to desired color and resistance to environmental stress such as heavy metal (Turkyilmaz et al., 2018) and drought stress. *A. negundo* is considered an invasive species in seminatural regions in Eurasia (Gusev et al., 2017; Veselkin et al., 2021). It is also a transformer species that significantly changes its ecosystem's conditions (Richardson et al., 2000). Conversely, *A. pseudoplatanus* is also an invasive species, but it is also a critical silvicultural and ecological role in European forests (Beikircher et al., 2021). Besides these, *Acer* species as urban plants provide ecosystem services that range from carbon sequestration and heavy metal accumulation to shading urban surroundings and improving urban life quality.

Plant species can adapt under distinct arid and semi-arid regions (Allen et al., 2010; Seleiman et al., 2021). The easiest way to determine the physiological changes in plants is by monitoring the gas exchange parameters. The results will provide some information to improve our understanding of the gas exchange mechanism in these two plant species under drought conditions. It also provides farm managers and landscapers with better knowledge for preparation under future global warming conditions. So, this study aimed to determine the effect of drought stress on the *A. negundo* and *A. pseudoplatanus* seedlings gas exchange parameters.

## 2. Material and Method

This experiment was conducted at the Düzce University Forestry Department hoop house, Turkey. A layer of clear plastic was used to cover the hoop house. Two long sides of the hoop house were kept open between 0.5 - 1.5m above the surface level to allow unrestricted airflow circulation and prevent increased temperatures due to a greenhouse effect. During the experiment period (June-September), the minimum and maximum temperatures were approximately 20 and 45 °C in the hoop house during the experiment period (May-late September 2021).

### 2.1. Plant Material and Containerization Substrates

Two-year-old bare-root *A. negundo* (L.) and *A. pseudoplatanus* (L.) tree species seedlings were obtained from Sakarya-Hendek and Ordu Forest Enterprise nurseries, respectively, on the second week of December 2021. Then, their roots were pruned approximately in 15-20 cm length to fit into plastic tubes. The potting mix



consisted of soil, peat moss, and perlite (1:1:1 volume). The seedlings were planted in the plastic tubes as soon as possible (1<sup>st</sup> week of February) after receiving seedlings. A total of 30 seedlings from each species were potted into plastic tubes and well-watered until the beginning of May 2021.

The initial stem height ( $\pm$  S.D) were 89.00 ( $\pm$ 12.26), 80.70 ( $\pm$ 17.56) cm, and root collar diameters ( $\pm$  S.D) were 10.68 ( $\pm$ 1.90), 9.87 ( $\pm$ 1.76) mm for *A. negundo* and *A. pseudoplatanus*, respectively.

## 2.2. Irrigation Treatment

The three-irrigation treatment methods were assigned in each tree species as follows. Ten seedlings were subjected to well-watered (every other day) and drought stress treatment (well-watered once in two weeks) separately in the hoop house, while 10 containerized seedlings were move outside and grown there. The irrigation treatments were started at the beginning of May 2021. The seedlings outside did not receive any water artificially. They just received water when it rained. The precipitation in the study area in May, June, July, August, and September were about 62.9, 69.5, 44, 47.5, and 47.8 mm, respectively. The minimum and maximum temperatures within every month during the experiment period were 0.4-39.5, 6.6-38.9, 8.8-42.4, 7.6-40, and 4.5-38.7, respectively.

## 2.3. Relative Height Growth and Relative Root Collar Diameter

Seedling's height and diameter growth were measured using a tape measurer and caliper, respectively, at the beginning and end of the treatment period. Root collar diameter was measured at the soil surface. Relative growth for root collar diameter (RRCD) and height (RHG) was calculated as the change between the final and the initial growth divided by initial values.

## 2.4. Gas Exchange Measurement

In the study, ten seedlings were chosen on gas exchange measurements from each treatment using Li-Cor broad leaf chamber (6 cm<sup>2</sup>) (LI-6800, Lincoln, NE, USA) with an attached small light source (6800-02 – red, blue, light). The calibration was done as recommended by the manufacturer. Then, the airflow rate, the photosynthesis photon flux density (PPFD), and reference CO<sub>2</sub> were set and maintained automatically at 500  $\mu\text{mol s}^{-1}$ , 500  $\mu\text{mol s}^{-1}$ , 400  $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , respectively. Three readings were taken on each seedling on the measurement days on September 26, 2021.

Numerous gas exchange variables, particularly the net photosynthetic (assimilation) rate ( $A_{net}$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiration rate ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ,  $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), intercellular CO<sub>2</sub> to ambient CO<sub>2</sub> ( $C_i/C_a$ , ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )) water use efficiency ( $WUE=A_{net}/E$ , ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )), intrinsic water use efficiency ( $iWUE=A_{net}/g_s$ , ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )) were directly measured and calculated.

## 2.5. Statistical Analysis

A complete randomized design was used in this study consisting of two species and three treatment levels. Ten seedlings (considered as replication) for each treatment and a total of 60 containerized seedlings were used. SAS 9.1 statistical software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was used to analyze all gas exchange and growth data. The function of PROC UNIVARIATE was used for normality, while PROC MIXED function was used to perform an analysis of variance (ANOVA). For the mean separation, Tukey's adjustment was used.

## 3. Results

### 3.1. Relative Height Growth (RHG) and Relative Root Collar Diameter (RRCD)

Species, treatment, and their interaction were significant ( $p<0.05$ ) on RHG and RRCD except for species on

RRCd ( $p>0.05$ ). In the current year, *A. pseudoplatanus* statistically had a higher RHG than *A. negundo*. Although *A. pseudoplatanus* had a higher RRCd than *A. negundo* seedlings, it was not statistically significant ( $p>0.05$ ). When we examined the treatment factors, plants are grown outside (90.50 cm), and control treatment had a higher RHG than drought-stressed seedlings. There were no statistical differences between control seedlings and seedlings grown outside ( $p>0.05$ ). The seedlings grown outside had a statistically highest RRCd followed by control treatment when drought-stressed seedlings had the lowest RRCd. Lack of irrigation decreased RHG and RRCd that the control and plants grown outside treatments had a higher RHG and RRCd growth than drought-stressed seedlings for both *Acer* species.

Table 1

The mean of relative height and root collar diameter growth by the interaction of species and treatment

Treatment	Height (cm/cm)			Root Collar Diameter (mm/mm)		
	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Mean	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Mean
Control	86.60	72.20	79.40	5.41	2.16	3.78
Outside	64.10	116.90	90.50	4.44	9.35	6.90
Drought	44.20	47.07	45.64	1.20	1.04	1.12
Average	64.97	78.72		3.68	4.19	

### 3.2. Gas Exchange Parameters at The Leaf Level

The analysis of variance (ANOVA) of gas exchange parameters, such as *Anet*, *gs*, *E*, *iWUE*, *WUE* and *Ci/Ca* among species and treatments are given in Table 2.

Table 2

Degrees of freedom (df), F-values of ANOVA for *Anet*, *gs*, *E*, *iWUE*, *WUE* and *Ci/Ca* among two species and three treatments

Source of variation	df	<i>Anet</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>iWUE</i>	<i>WUE</i>	<i>Ci/Ca</i>
Species (S)	1	51.83***	1.65ns	1.67ns	16.59**	12.60**	148.39***
Treatment (I)	2	89.70***	69.07***	93.16***	247.55***	1267.12***	79.91***
SxT	2	18.76***	6.05**	5.25**	57.45***	34.11***	53.26***

\*\*  $p < 0.001$ . \*\*\*  $p \leq 0.0001$ . ns: not significant.

Among the gas exchange parameters, all single (species and treatment) factors and their interaction were significant except species for *gs* and *E*.

The mean values and Tukey's test results of *Anet* rate in terms of the interaction of species and treatment are presented in Table 3.

As a result, species (S), treatment (T) as a single factor, and the interaction of SxT were significant ( $p<0.05$ ) for *Anet* (Table 2). *A. negundo* seedlings had a higher *Anet* value than *A. pseudoplatanus* (Table 3). The seedlings under control treatment had a higher *Anet*, followed by seedlings grown outside, and the drought-stressed seedling had the lowest values. Under the interaction of species and treatment, *A. negundo* seedlings under control treatment had the highest values, while drought-stressed *A. pseudoplatanus* seedlings had the lowest values (Table 3).

Table 3

The average of *Anet* Rates ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) by the Interaction of species and treatment

Treatment	Species		Average
	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
Control	5.56 A	4.97 A	5.26 a
Outside	5.80 A	2.47 B	4.14 b
Drought	2.19 B	1.58 B	1.88 c
Average	4.51 a	3.00 b	

Note: The lowercase letter horizontally indicates the significance of species, whereas the lowercase letter vertically indicates the significance of treatment. The uppercase letters indicate the significance within the interaction of species and treatment.

The mean values and Tukey's test results of *gs* rate in terms of the interaction of species and treatment are presented in Table 4.

Table 4

The mean of *gs* ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) by the Interaction of species and treatment

Treatment	Species		Average
	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
Control	0.060 A	0.071 A	0.065 a
Outside	0.023 B	0.010 C	0.016 c
Drought	0.017 BC	0.033 B	0.025 b
Average	0.033 a	0.035 a	

Note: The lowercase letter horizontally indicates the significance of species, whereas the lowercase letter vertically indicates the significance of treatment. The uppercase letters indicate the significance within the interaction of species and treatment.

As a result, only T and SxT interactions were significant ( $p < 0.05$ ) on the *gs* (Table 2). Seedlings under the control treatment had a higher *gs*, followed by drought treatment, and seedlings grown outside had the lowest *gs* values (Table 4). *A. pseudoplatanus* seedlings had the highest *gs* while *A. pseudoplatanus* seedlings grown outside had the lowest values under the interaction of SxT (Table 4).

The mean values and Tukey's test results of *E* rate in terms of the interaction of species and treatment are presented in Table 5.

Table 5

The mean of *E* ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) by the interaction of species and treatment

Treatment	Species		Average
	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
Control	0.0021 A	0.0025 A	0.0023 a
Outside	0.0007 B	0.0003 C	0.0005 c
Drought	0.0008 B	0.0012 B	0.0010 b
Average	0.0012 a	0.0013 a	

Note: The lowercase letter horizontally indicates the significance of species, whereas the lowercase letter vertically indicates the significance of treatment. The uppercase letters indicate the significance within the interaction of species and treatment.

As a result, only T and SxT interactions were significant ( $p < 0.05$ ) on the *E* (Table 2). Seedlings under the control treatment had a higher *E*, followed by drought treatment, while the seedlings grown outside had the lowest *gs* values (Table 5). *A. pseudoplatanus* seedlings had the highest *E* while *A. pseudoplatanus* seedlings grown outside had the lowest values under the interaction of SxT (Table 5).

The mean values and Tukey's test results of *iWUE* (*Anet/g<sub>s</sub>*) rate in terms of the interaction of species and treatment are presented in Table 6.

As a result, S, T as a single factor and the interaction of SxT were significant ( $p < 0.05$ ) for *iWUE* (Table 2). *A. negundo* seedlings had a lower *iWUE* value than *A. pseudoplatanus* (Table 6). The seedlings grown outside had a higher *iWUE*, followed by seedlings under drought-stressed and control treatment had the lowest values. There was no statistical difference between control and drought-stressed seedlings. Under the interaction of species and treatment, *A. pseudoplatanus* seedlings grown outside had the highest values, while drought-stressed *A. pseudoplatanus* seedlings had the lowest values (Table 6).

Table 6

The mean of *iWUE* (*Anet/gS*) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) by the interaction of species and treatment

Treatment	Species		Average
	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
Control	92.52 CD	75.55 CD	84.03 b
Outside	333.57 B	653.64 A	493.61 a
Drought	156.94 C	59.87 D	108.40 b
Average	195.68 b	248.35 a	

Note: The lowercase letter horizontally indicates the significance of species, whereas the lowercase letter vertically indicates the significance of treatment. The uppercase letters indicate the significance within the interaction of species and treatment.

Species, T, and SxT were significant on *WUE* (Table 2). *A. negundo* had a higher *WUE* than *A. pseudoplatanus*. Seedlings grown outside had the highest *WUE* compared to control and drought-stressed seedlings. Under the interaction of species and treatment, *A. pseudoplatanus* seedlings grown outside had the highest values, while drought-stressed *A. pseudoplatanus* seedlings had the lowest values (data not shown).

The mean values and Tukey's test results of *Ci/Ca* in terms of the interaction of species and treatment are presented in Table 7.

Table 7

The mean of *Ci/Ca* ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) by the interaction of species and treatment

Treatment	Species		Average
	<i>Acer negundo</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
Control	0.55 BC	0.66 B	0.61 b
Outside	0.59 BC	1.76 A	1.17 a
Drought	0.39 C	0.73 B	0.56 b
Average	0.51 b	1.05 a	

Note: The lowercase letter horizontally indicates the significance of species, whereas the lowercase letter vertically indicates the significance of treatment. The uppercase letters indicate the significance within the interaction of species and treatment.

As a result, S, T as a single factor and the interaction of SxT were significant ( $p < 0.05$ ) for *Ci/Ca* (Table 2). *A. negundo* had a lower *Ci/Ca* than *A. pseudoplatanus*. Seedlings grown outside had the highest *Ci/Ca* values than control and drought-stressed seedlings. There was no statistical difference between control and drought-stressed seedlings. Under the interaction of species and treatment, *A. pseudoplatanus* seedlings grown outside had the highest values, while drought-stressed *A. negundo* seedlings had the lowest values (Table 7).

## 4. Discussion

### 4.1. The Effect of Drought Stress on Seedlings RHG and RRCD

Under water deficit (drought) conditions, plant growth and development are restricted due to various drought response mechanisms (Yigit et al., 2019; Koç, 2021b, c; Seleiman et al., 2021), such as drought resistance, alleviation, and avoidance (Koç, 2019; Liu et al., 2020; Koç et al., 2021; Seleiman et al., 2021). Under these mechanisms, some plant species grow their roots while others increase their shoot growth under unfavorable climates (Pang et al., 2018). In this study, *A. pseudoplatanus* seedlings had a higher RHG and RRCD than *A.*

*negundo* under each treatment factor. Under severe drought-stressed, *A. pseudoplatanus* seedlings had higher RHG and a lower RRCD growth than *A. negundo* seedlings. Lack of water availability declines cell elongation, especially in the shoot and cambium, which results in declined RHG and RRCD in seedlings. The RHG of control seedlings increased almost 2-fold in *A. negundo* seedlings while 1.5-fold in *A. pseudoplatanus* compared to drought-stressed seedlings. The RRCD of control seedlings increased almost 4-fold in *A. negundo* seedlings and a 2-fold in *A. pseudoplatanus* compared to drought-stressed seedlings.

#### 4.2. Drought Stress Effect on Gas Exchange Parameters

In recent decades, drought stress has become the most irreversible environmental calamity for plants due to lack of precipitation and increased mean temperature worldwide (Koç et al., 2021; Seleiman et al., 2021). Water is essential for plants due to development and many physiological processes such as carbon assimilation and photosynthesis. Water deficit causes drought stress in plants; increasing temperature increases drought severity and prevents plant gas exchange (Koç, 2021b; Koç, 2021c). Moreover, declining water availability in the root zone reduces stem xylem pressure potential causing a reduction in *Anet*, *gs*, and *E* in plant leaves similar to the present study. The aperture of stomata is regulated by water potential and hormonal activities such as abscisic acid (Hsu et al., 2021) that reduces carbon dioxide assimilation resulting from hindered gas exchange under drought stress (Song et al., 2020). Under prolonged drought stress, seedlings had a declined *Anet*, *gs*, and *E* in the current study, which was observed in *A. saccharum* ssp. *saccharum* and ssp. *nigrum* (Hauer et al., 2021).

In contrast, if the water in the soil becomes a limiting factor, plant *iWUE* and *WUE* values usually increase either due to elevated *Anet* values and low stomatal conductivity or under the effect of both (Koç, 2019; Koç, 2021b, c). Reduced stomatal aperture declined *gs* in the leaf level that reduced the transpiration rates; consequently, this will increase the *WUE* in seedlings (Belmecheri et al., 2021) in line with the current study. When drought stress is exacerbated, seedlings increase their growth with more efficient water use mechanisms (Li et al., 2020). Seedlings with higher *iWUE* and *WUE* values enhance growth and development, especially under drought stress settings (Xu et al., 2020).

In this study, we expected to see that the seedlings in control and sit outside treatment had a higher *Anet*, *gs*, and *E* while lower *iWUE* and *WUE* values than drought-stressed seedlings. However, *A. pseudoplatanus* seedlings grown outside had the lowest *gs* and *E* values and highest *iWUE* and *WUE* values than seedlings under drought stress. This may be caused by a couple of reasons, such as genetic differentiation on plant species, container type, wind factor, and leaf structure. The genetic differences and environmental conditions play a crucial role in the response of plant physiology (Lahr et al., 2018; Koç et al., 2021). Some species develop different strategies to withstand drought stress. Some plants are called 'isohydric' or 'water savers' due to strong stomatal reduction when soil water potential decrease. However, some plants species maintain relatively high *gs* and are less sensitive to low soil water potential is called 'anisohydric' or 'water spenders' (Kunz et al., 2016). *A. negundo* is acted more likely water spenders than *A. negundo*. In addition, the use of plastic materials on containerized *Acer* seedlings in this study may have been caused by an increased soil temperature and evaporation from soil level that reduced available soil water for *A. pseudoplatanus* seedlings. Also, the wind can increase the evapotranspiration that may lead seedlings to close their stomata results in reduced *E* rates. *A. pseudoplatanus* leaves are thick and leathery, while *A. negundo* has a compound leaf, so this plays a critical role in terms of the process of gas exchange.

#### 5. Conclusion and Suggestion

Water is an essential compound for all living organisms. In water deficit conditions, plant species are exposed to drought stress. Drought stress inhibits a plant's growth, development, and all biochemical processes in the plant. In conclusion, the control seedlings in this study had a higher growth (height and root collar diameter) than drought-stressed seedlings of *A. negundo* and *A. pseudoplatanus*. Due to adaptive mechanisms, some

plant species have drought resistance, such as closing their stomata and reducing transpiration via their leaves. The effects of drought stress can detect using leaf gas exchange measurements. As a result of this study, it is concluded that there was no significant difference between the two *Acer* species in terms of gas exchange parameters. However, it can be said that *A. negundo* is a drought resistance while *A. pseudoplatanus* is particularly drought resistant in line with the literature. In addition, it can be said seedlings for both *Acer* species under control treatment generally had higher *Anet*, *gs*, and *E* and lower *iWUE* than the other two treatments. There was no clear separation in gas exchange parameters between the two treatments (seedlings grown under drought stress and outside). Also, seedlings under drought treatments had lower *Anet*, *E*, *iWUE*, and *Ci/Ca* and higher *gs* and *E* than seedlings grown outside. If one of these two species is to be preferred in afforestation practices in urban areas, it is more appropriate for this species to be *Acer negundo* in terms of gas exchange parameters and morphological data. Having irrigation systems in the areas where these seedlings are planted is a critical issue in seedling growth and less exposure to drought.

The adverse effect of global warming is visible in daily life, especially in urban areas. The severity of global warming will affect urban sites more than surrounding environments, so both species can be useful for planting in urban areas due to providing ecosystem services, reducing air pollution and heavy metals, resistance to drought stress, and particular leaf traits, such as size and color. Moreover, these species can improve the urban life quality with a well-organized landscape design. So, future studies are necessary to test all the varieties of *Acer* species and other species seen in the urban environments in terms of how they respond under drought stress. The results of future studies will improve our knowledge of which species are better grown in urban areas where the air temperature was higher than its surroundings under future climate change scenarios.

## References

- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., & Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660-684.
- Beikircher, B., Sack, L., Ganthaler, A., Losso, A., & Mayr, S. (2021). Hydraulic-stomatal coordination in tree seedlings: tight correlation across environments and ontogeny in *Acer pseudoplatanus*. *New Phytologist*, 232(3), 1297-1310.
- Belmecheri, S., Maxwell, R. S., Taylor, A. H., Davis, K. J., Guerrieri, R., Moore, D. J., & Rayback, S. A. (2021). Precipitation alters the CO<sub>2</sub> effect on water use efficiency of temperate forests. *Global Change Biology*, 27(8), 1560-1571.
- Canturk, U., Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, 771. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09546-5>.
- Comstock, J. P. (2002). Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. *Journal of Experimental Botany*, 53(367), 195-200.
- Davis, P. H., Mill, R. R., Kit, T. (1988) Flora of Turkey and the East Aegean Islands, vol. 10, pp. 114-124. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Dayer, S., Herrera, J. C., Dai, Z., Burlett, R., Lamarque, L. J., Delzon, S & Gambetta, G. A. (2020). The sequence and thresholds of leaf hydraulic traits underlying grapevine varietal differences in drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71(14), 4333-4344.
- de Miguel, M., Sánchez-Gómez, D., Cervera, M. T., & Aranda, I. (2012). Functional and genetic characterization of gas exchange and intrinsic water use efficiency in a full-sib family of *Pinus pinaster* Ait. in response to drought. *Tree Physiology*, 32(1), 94-103.
- Fageria, N. K., Gheyi, H. R., Carvalho, M. C. S., Moreira, A. (2016). Root growth, nutrient uptake and use efficiency by roots of tropical legume cover crops as influenced by phosphorus fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 39(6), 781-92. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1088020>



- Guo, Q., Li, X., Niu, L., Jameson, P. E., & Zhou, W. (2021). Transcription-associated metabolomic adjustments in maize occur during combined drought and cold stress, *Plant Physiology*, 186(1), 677-695.
- Gusev, A. P., Shpilevskaya, N. S., and Veselkin, D. V. (2017). The influence of *Acer negundo* L. on progressive successions in Belarusian landscapes. *Vestn. Vitebsk. Dzyarzh. Univ.*, 1(94): 47–53.
- Hauer, R. J., Wei, H., Koeser, A. K., & Dawson, J. O. (2021). Gas exchange, water use efficiency, and biomass partitioning among geographic sources of *Acer saccharum* subsp. *saccharum* and subsp. *nigrum* seedlings in response to water stress. *Plants*, 10(4), 742.
- Hsu, P. K., Dubeaux, G., Takahashi, Y., & Schroeder, J. I. (2021). Signaling mechanisms in abscisic acid-mediated stomatal closure. *The Plant Journal*, 105(2), 307-321.
- IPCC (2014a). "Climate change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC". Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2014b). "Climate Change 2014 Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to The Fifth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change," R. K. Pachauri, L. A. Meyer, Eds., Core writing team. IPCC, Geneva, 2014.
- Kaptan, S. (2021). Changes in forest areas and land cover and their causes using intensity analysis: the case of Alabarda forest planning unit. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, 387. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09089-9>
- Kaptan, S., Durkaya, A., Durkaya, B. (2021). Investigation of land cover changes and social pressure in forest areas in Turkey: the case of Drahna Forest Planning Unit. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 2647. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08872-9>
- Koç, İ. (2021c). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L.) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605.
- Koç, İ. (2019). Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects on Nutrient Use Physiology. Dissertation, Michigan State University, Michigan, United States America, 171 pp.
- Koç, İ. (2021a). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880–35886. Doi:10.1007/s11356-021-13272-3
- Koç, İ. (2021b). Examining seed germination rate and seedlings gas exchange performances of some Turkish red pine provenances under water stress. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 9(3), 48-60.
- Koç, İ. (2021d). Changes That May Occur in Temperature, Rain, and Climate Types Due to Global Climate Change: The Example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554.
- Koç, İ. (2021e). The Effect of Global Climate Change on Some Climate Parameters and Climate Types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(2), 706-719.
- Koc, I., Nzokou, P. (2018). Effects of water stress and cold treatments on the germination of two conifers (*Pinus nigra* and *Pinus brutia*) species from Turkey. *Hortscience*, 53(9), 259-259.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*, 22(1), 1-16
- Koç, İ., Nzokou, P., Cregg B. (2021). Biomass allocation and nutrient use efficiency in response to water stress: Insight from experimental manipulation of balsam fir, concolor fir and white pine transplants. *New Forests*. Doi: 10.1007/s11056-021-09894-7
- Kunz, J., Räder, A., & Bauhus, J. (2016). Effects of drought and rewetting on growth and gas exchange of minor European broadleaved tree species. *Forests*, 7(10), 239.

- Lahr, E. C., Dunn, R. R., Frank, S. D. (2018). Variation in photosynthesis and stomatal conductance among red maple (*Acer rubrum*) urban planted cultivars and wildtype trees in the southeastern United States. *PLoS ONE*, 13(5), e0197866.
- Lambers, H., Chapin III, F. S., Pons, T. L. (2008). *Plant Physiological Ecology*. (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Springer Science & Business Media.
- Li, P., Zhu, Y., Song, X., & Song, F. (2020). Negative effects of long-term moderate salinity and short-term drought stress on the photosynthetic performance of Hybrid *Pennisetum*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 155, 93-104.
- Liu, L., Li, D., Ma, Y., Shen, H., Zhao, S., Wang, Y. (2020). Combined application of arbuscular mycorrhizal fungi and exogenous melatonin alleviates drought stress and improves plant growth in tobacco seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-14.
- Maier, C. A., Burley, J., Cook, R., Ghezehei, S. B., Hazel, D. W., Nichols, E. G. (2019). Tree water use, water use efficiency, and carbon isotope discrimination in relation to growth potential in *Populus deltoides* and hybrids under field conditions. *Forests*, 10(11), 993.
- Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., Yaman, B. (2021). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 1-7.
- Ozel, H. B., Sevik, H., Kaptan, S., Varol, T. (2021). Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) bireylerinde farklı alana geliş şekillerine göre bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler arasındaki farklılıkların incelenmesi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(2), 636-641.
- Pang, X. Y., Yuan, X. J., Wang, A., Li, M. H., Liu, X. L., Pan, H. L., Yu, F. H., Lei, J. P. (2020). Effects of simulated warming and functional group removal on survival and growth of *Abies faxoniana* seedlings. *The Journal of Applied Ecology*, 29(3), 687-695. DOI: [10.13287/j.1001-9332.201803.010](https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201803.010)
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6(2), 93-107.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2), 259.
- Sendall, K. M., Reich, P. B., Zhao, C., Jihua, H., Wei, J., Stefanski, A., Rice, K., Rich, R. L., Montgomery, R. A. (2015). Acclimation of photosynthetic temperature optima of temperate and boreal tree species in response to experimental forest warming. *Global Change Biology*, 21,1342–1257.
- Sevik, H., & Erturk, N. (2015). Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus brutia* Ten. seeds in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 294-299.
- Shults, P., Nzokou, P., Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 117: 261–272. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10068-8>
- Soba, D., Shu, T., Runion, G. B., Prior, S. A., Fritschi, F. B., Aranjuelo, I., Sanz-Saez, A. (2020). Effects of elevated [CO<sub>2</sub>] on photosynthesis and seed yield parameters in two soybean genotypes with contrasting water use efficiency. *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104154.
- Song, X., Zhou, G., He, Q., Zhou, H. (2020). Stomatal limitations to photosynthesis and their critical water conditions in different growth stages of maize under water stress. *Agricultural Water Management*, 241, 106330.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin, M. (2018). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 578. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0>
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491: 119199.

- Veselkin, D. V., Dubrovin, D. I., Pustovalova, L. A. (2021). High canopy cover of invasive *Acer negundo* L. affects ground vegetation taxonomic richness. *Scientific Reports*, 11(1), 1-12.
- Wang, Y. S. D., Yang, D., Wu, H. D., Zhang, Y. B., Zhang, S. B., Zhang, Y. J., Zhang, J. L. (2020). Overlapping water and nutrient use efficiencies and carbon assimilation between coexisting simple-and compound-leaved trees from a valley Savanna. *Water*, 12(11), 3037.
- Xu, Y., Feng, Z., Shang, B., Yuan, X., Tarvainen, L. (2020). Limited water availability did not protect poplar saplings from water use efficiency reduction under elevated ozone. *Forest Ecology and Management*, 462, 117999.
- Yaltırık, F. (1967). *Acer* L. In: Davis PH (ed.) Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 2, pp. 509-519. Edinburgh; Edinburgh University Press.
- Yaltırık, F. (1971). Yerli Akçağaç (*Acer* L.) Türleri üzerinde morfolojik ve anatomik araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No: 1661/179.
- Yang, Y. J., Bi, M. H., Nie, Z. F., Jiang, H., Liu, X. D., Fang, X. W., Brodribb, T. J. (2021). Evolution of stomatal closure to optimize water-use efficiency in response to dehydration in ferns and seed plants. *New Phytologist*, 230(5), 2001-2010.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12859-12868.
- Yildiz, D., Nzokou, P., Deligoz, A. Koc, I, Genc, M (2014). Chemical and physiological responses of four Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances to cold temperature treatments. *European Journal of Forest Research*, 133, 809–818. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0798-2>
- Zhou, B., Rybski, D., Kropp., J. P. (2017). The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Scientific Reports*, 7, 4791.

## Determination of Forest Fire Risk Using GIS: A Case Study in Niğde, Turkey

Orhun SOYDAN<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Niğde, Turkey

### Article History

Received: 24.02.2022

Accepted: 28.03.2022

Published: 15.04.2022

### Research Article



**Abstract** – The main purpose of this study is to develop a statistical model to prepare forest fire risk map using GIS. In this study eight important factors were used to determining the forest fire risk such as land use/land cover type, slope, aspect, altitude, settlement, road, temperature and precipitation. The analytic hierarchy process (AHP) was used to evaluate the factors. Precipitation and temperature were the most important factors to determining the forest fire risk. The study area has approximately 10.72% low fire risk, 28.21% moderate fire risk, 43.50% high fire risk, 14.65% very high fire risk, and 2.92% extreme forest fire risk. 61.07% of the study area has a high, very high and extreme forest fire risk. In order to prevent forest fires, land cover/land use should be planned in a way that does not damage forests. Especially vehicle roads, expressways, etc. which are located near the forests, have a high fire risk. Therefore, these areas should be planned in a way that will not damage the forests. The climatic characteristics of the study area should be examined, the urban texture should not be in a way to prevent microclimatic factors such as wind and precipitation.

**Keyword** – Environmental preservation, environmental management, forest, GIS, fire risk analysis

## Orman Yangını Riskinin CBS Kullanılarak Niğde Örneğinde Belirlenmesi

<sup>1\*</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, Türkiye

### Makale Tarihiçesi

Gönderim: 24.02.2022


Kabul: 28.03.2022

Yayım: 15.04.2022

### Araştırma Makalesi

**Öz** – Bu çalışmanın temel amacı, CBS kullanarak orman yangını risk haritası hazırlamak için istatistiksel bir model geliştirmektir. Bu çalışmada orman yangını riskini belirlemek için arazi kullanımı/arazi örtüsü tipi, eğim, baki, rakım, yerleşim, yol, sıcaklık ve yağış gibi sekiz önemli faktör kullanılmıştır. Faktörleri değerlendirmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılmıştır. Yağış ve sıcaklık orman yangını riskini belirleyen en önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı yaklaşık %10.72 düşük yangın riski, %28.21 orta yangın riski, %43.50 yüksek yangın riski, %14.65 çok yüksek yangın riski ve %2.92 aşırı orman yangını riskine sahiptir. Çalışma alanının %61,07'si yüksek, çok yüksek ve aşırı orman yangını riskine sahiptir. Orman yangınlarını önlemek için arazi örtüsü/arazi kullanımı ormanlara zarar vermeyecek şekilde planlanmalıdır. Özellikle ormanların yakınında bulunan araç yolları, otoyollar vb. alanlarının yangın riskini yükselttiği unutulmamalıdır. Bu nedenle bu alanlar ormanlara zarar vermeyecek şekilde planlanmalıdır. Çalışma alanının iklimsel özellikleri incelenmeli, kentsel doku rüzgâr ve yağış gibi mikro iklim faktörlerini engelleyecek şekilde planlanmamalıdır.

**Anahtar Kelimeler** – Çevre koruma, çevre yönetimi, orman, CBS, yangın risk analizi

<sup>1</sup>  orhunsoydan@ohu.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## **1. Introduction**

Forest fires are the primary problem for all forests in the world. If the geographical conditions not suitable for the forest fires monitoring, various methodology can be used to monitoring the fire in the forest. Forest fires affect the sustainability of forests, especially in arid regions where fire-sensitive tree species are concentrated. (Demir et al., 2009; Kumari and Pandey, 2020). Forest fires have devastating effects on forest ecosystems (Bilici, 2009). Forest fires generate too much greenhouse gas (CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>), as well as causing trees to lose their value's and people to lose their lives. As a result of this greenhouse gas effect, forest fires cause changes in the carbon cycle and atmospheric composition (Van Der Werf et al., 2004).

Forest fires occur depending on many factors (Carmel et al., 2009). Topographic and climatic features, forest's vegetation are the main factors for the fire risk. The types of trees in the forest, the growth period characteristics of the trees and the closure of the wind that will come to the forest area, are other factors affecting the severity and growth of forest fire (Gao et al., 2011; Gazzard, 2012). For example, some studies (Bilgili, 2003) show that deciduous trees are more resistant to fire, while coniferous trees are more susceptible to fire. There is a similar relationship between the growth period of trees and the risk of fire. The fire risk is very low in the first growth stages of a tree (Sağlam et al., 2008). The risk of fire, on the other hand, will rise over time. Because the buildup of surface and crown fuels upsurges when it approaches stand age, this risk will reduce as the trees mature (Bilgili, 2003).

Topography is one of the factor that increase or decrease the fire risk in a region (Erten et al., 2004). The higher the height in an area, the higher the risk of forest fire, because there are factors such as wind. Winds cause make the fire move faster in high areas (Jaiswal et al., 2002). Along with the topography, the aspect also affects the fire risk. South facing areas have higher fire risk. Temperatures are higher and humidity is lower in certain areas than in other areas (Lin and Sergio, 2009). Factors such as these caused by land structure can change forest fire risk, as well as climatic characteristics such as precipitation, temperature and wind have an effect on fire risk. To reduce the damaging impacts of forest fires on forests, the boundaries of areas at danger of fire should be defined and mitigation measures applied. Identifying regions at danger of forest fire is critical for fire prevention. Because regions with forest fire risk are the place where the fire started, they also cause the fire to spread to other regions (Erten et al., 2004). Therefore, determining the areas with fire risk is also beneficial in evaluating the deficiencies in prevent the fire. Forest fire risk maps are created by combining many layers of data that can cause fires (Jaiswal et al., 2002).

The advanced method Geographical Information System (GIS) in conjunction with the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) approach allows for quick and effective explanations of complicated geographical issues (Jaiswal et al., 2002; Carmel et al., 2009; Kumari and Pandev, 2020). Today, the determination of the forest fires using GIS has become very important for precautions and plans. Monitoring the stages before, during and after the fire is a difficult task that must be done in the most accurate and earliest way. GIS with the satellite technologies is considered as an important software in fulfilling this difficult task. Detection of forest fires, surveillance, examination of the damages, and calculation of the burning area can be done with the help of the developing satellite technologies and the GIS.

One of the most extensively utilized multi-criteria decision support systems for detecting forest fires is the Analytic Hierarchy Process (AHP). There are studies (Mohammadi et al., 2010; Eugenio et al., 2016) to determine forest fire risk using the AHP method. Forest fires are an indispensable part of forest ecosystems in the Mediterranean, also they play an important role in ensuring ecological balance. Considering the number of forest fires that occurred in 1937-2009; the total number of fires is 86,769, and the total burning area is 1,617.701 hectares (Özkazanç and Ertuğrul, 2011). In other words, approximately 1,200 fires occur every year, and 22,000 hectares of forest area disappear (Özkazanç and Ertuğrul, 2011). Although the temporal course of forest fires displays non-linear graphic in our country, it is observed that there is an increase in the amount of burning areas, and the number of fires, especially in forest fires in recent years. This situation can

be associated with the growth of the factors (such as reduction of water resources, unplanned urban development, degradation of forest texture) that cause fires together with the population increase. 91% of forest fires in our country occur as a result of human activities (Ateşoğlu et al., 2015). When the studies (Pradhan et al., 2007; Malik et al., 2013; Eugenio et al., 2016; Gigovic et al., 2018) conducted to date are analysed, it has been determined that various methods are used to create forest fire risk maps. It has been determined that the studies are generally carried out in different climate types and land cover classification. Therefore, how the risk of forest fire changes under different climate type and factors can be determined by these studies. Whereas, there are a few studies (Dilekçi et al., 2009; Karabulut et al., 2013; Bingöl, 2017) on forest fire risk in Turkey. These studies are generally conducted with similar climate types or factors. However, this study differs from other studies because it was made in an area that has different climate types, and it makes statistical analyses using more factors. The purpose of this study is to identify forest fire risk areas using Remote Sensing and GIS technique. This study would contribute to interventions and planning in forest fire management.

It is thought that this study conducted to determine the forest fire risk will be a resource for the region, can be developed in terms of fire-related studies and will contribute to forestry activities. In addition to the main purpose of the study, its sub-goals are as follows;

- To demonstrate the application of remote sensing and GIS in disaster management, especially forest fires,
- To explain the benefits of Landsat satellite images, which are available free of charge, in many areas, especially in forestry applications.
- To investigate the factors causing forest fires,
- To analyse the advantages of AHP (Analytic Hierarchy Process)

In this context, the study focused on two main questions:

- What are the main factors increasing forest fires in Nigde?
- Which strategies will help to decrease the forest fires in urban and building scale in Nigde?

Nigde is a city with historical, social, cultural, and economic activities. Because of the rapid increase in the population living in the Nigde, there are significant changes in the land cover types. Natural landscapes in the city are transformed into stone and concrete surfaces and are pushed further away from the city centre. The biggest problem for is the unplanned and uncontrolled development of the city. Therefore, forest areas are under pressure due to human use. Forest fires occur in areas where agricultural activities are close. Therefore, creating a risk map for forest fire is important for the protection of the forests of the region. The size of the forest areas of Nigde is quite small compared to other regions of Turkey. Despite this, the fact that residential and agricultural areas are close to forest areas and the Adana - Nigde highway passes close to forest areas increases the risk of forest fire in the region. In addition, the planning of residential, traffic and industrial areas close to these areas also increases the risk of forest fires. When the literature is reviewed, it is determined that the studies about the fire risks are carried out in countries where precipitation or green areas are high. These study aims to determine the forest fire risk using GIS.

## 2. Material and Method

The study area includes the city of Nigde as a whole (Fig. 1). In the summertime, Nigde has a hot and dry climate, while the winters are cold and snowy. Nigde is between 34°30'10" and 34°45'00" east longitude and 37°54'00" and 38°06'30" north latitude. Nigde is 7,795.22 km<sup>2</sup> in size. The average annual temperature ranged from -1.0 to 22.4 °C, with yearly rainfall ranging from 5.2 to 48.7 mm. (General Directorate of Meteorology, 2019). In the study, the satellite image of Landsat 8 OLI dated 08.08.2019, was used to create the land cover classification map. Downloaded from (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) (Table 1). The features of the bands of Landsat 8 are given in Table 2.



Table 1

The bands and their dates that were used in the study

City	Landsat	Time	Season
Nigde	LC08L1TP176034201908042019082001	August 8, 2021	Dry

Table 2

Features of a Landsat-8 OLI/TIRS image (Estoque, 2017; Soydan 2020)

Landsat 8		
Electromagnetic region	Band	Wavelength (µm)
Coastal aerosol	1	0.43 – 0.45
Blue	2	0.45 – 0.51
Green	3	0.53 – 0.59
Red	4	0.64 – 0.67
Near infrared (NIR)	5	0.85 – 0.88
Short wave infrared (SWIR) 1	6	1.57 – 1.65
Short wave infrared (SWIR) 2	7	2.11 – 2.29
Panchromatic	8	0.50 – 0.68
Cirrus	9	1.36 – 1.38
Thermal infrared (TIR) 1	10	10.60 – 11.19
Thermal infrared (TIR) 2	11	11.50 – 12.51

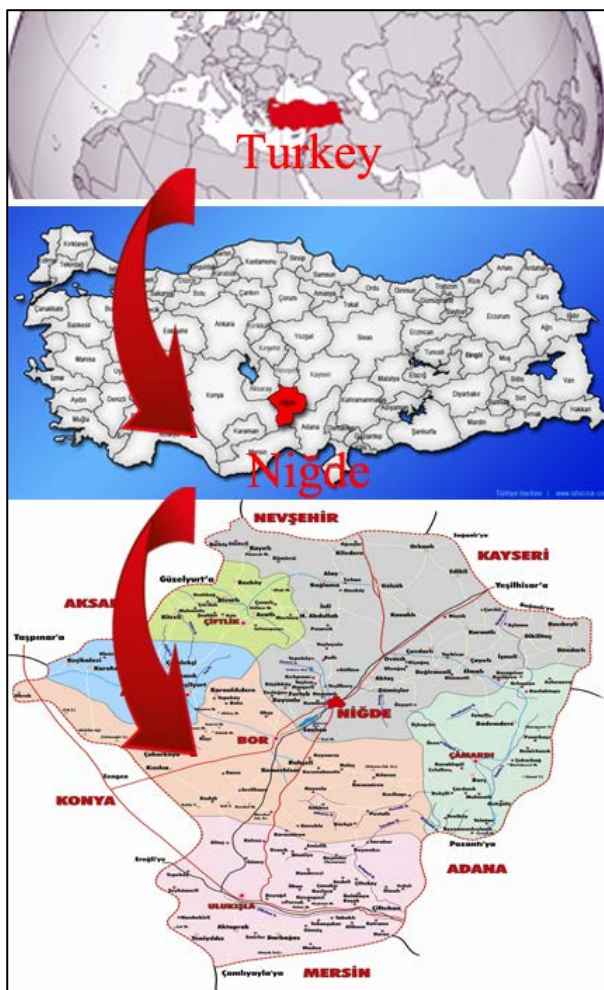


Figure 1. Location of Nigde in Turkey

Maps of aspect and slope were created using DEM (digital elevation model) data. The DEM has a resolution of 30 meters. The data was gathered from <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm>. The information belong to Nigde was obtained from the Nigde Municipality. The climate data of Nigde province were obtained from the General Directorate of Meteorology. Data of the roads and settlements were obtained from the website <https://www.openstreetmap.org/>. The study consists of 7 stages. ArcGIS 10.3 software was used to organize the data used, classification, slope, aspect, altitude maps, and to create road and settlement distances in the study. "Raster Calculator" in software was used in obtaining the final map. In order to determine the factors causing forest fire in Nigde and to determine where the fire occurred mostly, the fire data of the study area during the years of 2010-2019 were examined. For this, the relevant documents were obtained from the Ministry of Agriculture and Forestry. A total of 15 forest fire information was obtained. Locations of previous forest fires were marked on the satellite image with their coordinates (Figure 2). In the study, a total of eight important factors, such as land use/land cover type, slope, aspect, altitude, settlement, road, temperature and precipitation, which are thought to be effective in forest fires, were determined. Maps of land use/land cover, slope, aspect, altitude, precipitation, temperature, distance to road and settlement distance were done according to the values given in Table 3. Within the scope of the study, forest fire risk map was created using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The previous studies (Nuthammachot and Stratoulis, 2019; Van Hoang et al., 2020; Çoban and Erdin, 2020) were used while creating the weight values of the factors for forest fire risk.

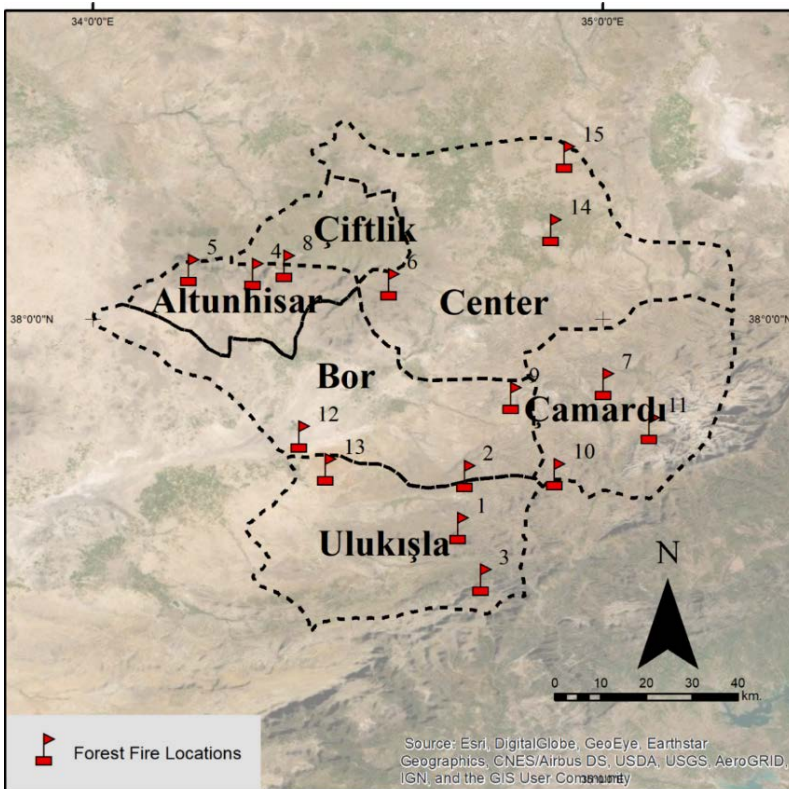


Figure 2. Previous Forest Fire Locations in Nigde

Table 3  
Weightages and factors in determination of fire risk modelling

Factors	Classification	Value
Land Cover	Forest	7
	Other	1
Slope (%)	0-15	1
	15-25	2
	25-35	3
	35-45	4
	>45	5
Aspect	N, NE, NW, and FLAT	1
	E	2
	SE	3
	SW and W	4
	S	5
Altitude (m)	< 900	1
	900 – 1,200	2
	1,200 – 1,500	3
	1,500 – 1,800	4
	> 1,800	5
Distance to settlements (m)	< 500	1
	500-2000	7
	> 2000	3
Distance to roads (m)	< 100	6
	100 - 300	4
	> 300	2
Precipitation (mm)	< 15	5
	15 – 18	4
	18 – 21	3
	21 – 23	2
	> 23	1
Temperature (°C)	< 20	1
	20 – 24	2
	24 – 28	3
	28 – 32	4
	> 32	5

### 2.1. Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP is a mathematical strategy that considers the group or individual's priorities while evaluating both qualitative and quantitative characteristics (Dağdeviren and Tamer, 2001; Toksar, 2007). It is an often utilized strategy among multi-criteria decision-making techniques because it is a straightforward, easy-to-use, and understood method. Saaty (1997) developed the following steps for applying the AHP:

#### Step 1:

The necessary elements and sub-factors are determined by the decision maker. At this point, a survey study or expert comments on the matter can be done.

#### Step 2:

Construct a set of pair-wise comparison matrices (size  $n \times n$ ) for each of the lower levels with one matrix for each element in the level immediately above by using the relative scale measurement shown in Table 4. The

pair-wise comparisons are done in terms of which element dominates the other (Al-Harbi, 2001).

Table 4  
Pair-wise comparison scale for AHP preferences

Numerical rating	Verbal judgments of preferences	Numerical rating	Verbal judgments of preferences
9	Extremely preferred	5	Strongly preferred
8	Very strongly to extremely	4	Moderately to strongly
7	Very strongly preferred	2	Equally to moderately
6	Strongly to very strongly	1	Equally preferred

The values given in this scale are used in the comparison of the criteria with each other. For example, criteria 1 is located in row part, criteria 2 is located in the column part. If criteria 1 is "strongly preferred" according to criteria 2, its value will be "5". However, when the criteria 2 is located in row part and the criteria 1 is located in column part, the situation will be the opposite, and the value will be 1/5. Because criteria 2 will be preferred at the rate of 1/5 according to criteria 1. This way "A" matrix is created (Table 5).

Table 5  
Matrix A

	Criteria "1"	Criteria "2"	.....	Criteria "(n)"
Criteria "1"	W1/W1	W1/W2	.....	W1/Wn
Criteria "2"	W2/W1	W2/W2	.....	W2/Wn
Criteria "(n)"	Wn/W1	Wn/W2	.....	Wn/Wn

**Step 3:**

Hierarchical synthesis is now used to weight the eigenvectors by the weights of the criteria and the sum is taken over all weighted eigenvector entries corresponding to those in the next lower level of the hierarchy (Al-Harbi, 2001).

**Step 4:**

Having made all the pair-wise comparisons, the consistency is determined by using the eigenvalue, λmax, to calculate the consistency index, CI as follows (Al-Harbi, 2001) (2.1):

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \tag{2.1}$$

The matrix size is represented by the value of "n" in the formulae. The consistency ratio (CR) of CI with the proper value in Table 6 can be used to assess judgment consistency. If the CR does not exceed 0.10, it is acceptable (Al-Harbi, 2001). If it's higher, the judgment matrix is skewed. Judgments should be examined and revised in order to establish a consistent matrix (Al-Harbi, 2001). Finally, the CI value is divided by the standard correction value, known as the Random Indicator (RI), as given in Table 6, to yield the CR value, also known as consistency ratio (2.2).

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.2}$$

The value corresponding to the number of factors is selected from Table 6. For example, the RI value to be

used in a 3-factor comparison will be 0.58 according to Table 6.

Table 6  
Random indicator

“n”	“RI”	“n”	“RI”	“n”	“RI”
1	0.00	6	1.24	11	1.51
2	0.00	7	1.32	12	1.53
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.90	9	1.45	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.59

**AHP Method in This Study**

Pair-wise comparison matrix was created. Numerical rating was made between criteria according to table 4 (Table 7). The calculations for these items will be explained next for illustration purposes. Synthesizing the pair-wise comparison matrix is performed by dividing each element of the matrix by its column total. For example, the value 0.10 (C1-C1) in Table 8 is obtained by dividing 1 (from Table 7) by 10.31, the sum of the column items in Table 7 (1 + 1/3 + 1/5 + 1/4 + 1/5 + 1/3 + 5 + 3). The priority vector in Table 8 can be obtained by finding the row averages. For example, the priority of contractor A with respect to the criterion ‘experience’ in Table 8 is calculated by dividing the sum of the rows (0.10 + 0.21 + 0.22 + 0.22 + 0.22 + 0.21 + 0.08 + 0.06) by the number of contractors (columns), i.e., 8, in order to obtain the value 0.16. The priority vector for experience, indicated in Table 8, is given below.

Table 7  
Pair-wise comparison matrix

Factors	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Land cover (C1)	1	3	5	4	5	3	1/5	1/3
Slope (C2)	1/3	1	3	2	3	1	1/5	1/3
Aspect (C3)	1/5	1/3	1	1/2	1	1/3	1/5	1/3
Altitude (C4)	1/4	1/2	2	1	2	1/2	1/5	1/3
Settlement (C5)	1/5	1/3	1	1/2	2	1/3	1/5	1/3
Road (C6)	1/3	1	3	2	3	1	1/5	1/3
Precipitation (C7)	5	5	5	5	5	5	1	3
Temperature (C8)	3	3	3	3	3	3	1/3	1

Table 8  
Synthesized matrix for experience

Factors	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Priority vector
Land cover (C1)	0.10	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.08	0.06	0.16
Slope (C2)	0.03	0.07	0.13	0.11	0.13	0.07	0.08	0.06	0.08
Aspect (C3)	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	0.08	0.06	0.04
Altitude (C4)	0.02	0.04	0.09	0.06	0.09	0.04	0.08	0.06	0.06
Settlement (C5)	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	0.08	0.06	0.04
Road (C6)	0.03	0.07	0.13	0.11	0.13	0.07	0.08	0.06	0.08
Precipitation (C7)	0.48	0.35	0.22	0.28	0.22	0.35	0.40	0.50	0.35
Temperature (C8)	0.29	0.21	0.13	0.17	0.13	0.21	0.13	0.17	0.18

$\lambda_{max} = 8.71, CI = 0.10, RI = 1.41, CR = 0.07 < 0.1$  OK.

The model was created specifically for this study and is based on the statistical weights established in the preceding item for each variable (2.3).

$$IR = (0.35 \times Prec + 0.18 \times Temp. + 0.16 \times Cover + 0.08 \times Slo. + 0.08 \times Road + 0.06 \times Alti + 0.04 \times Asp. + 0.04 \times Set.) \tag{2.3}$$

When the importance of the factors is compared in terms of forest fire risk, precipitation was the highest with a value of 35% ((Eq. 3, (0.35 x 100 = 35)). Then there was temperature (C8) with 18%, and land cover (C1) with 16%. Now, estimating the consistency ratio is as follows (2.4):

$$= 0.16 \begin{bmatrix} 1.00 \\ 0.33 \\ 0.20 \\ 0.25 \\ 0.20 \\ 0.33 \\ 5.00 \\ 3.00 \end{bmatrix} + 0.08 \begin{bmatrix} 3.00 \\ 1.00 \\ 0.33 \\ 0.50 \\ 0.33 \\ 1.00 \\ 5.00 \\ 3.00 \end{bmatrix} + 0.04 \begin{bmatrix} 5.00 \\ 3.00 \\ 1.00 \\ 2.00 \\ 1.00 \\ 3.00 \\ 5.00 \\ 3.00 \end{bmatrix} + 0.06 \begin{bmatrix} 4.00 \\ 2.00 \\ 0.50 \\ 1.00 \\ 0.50 \\ 2.00 \\ 5.00 \\ 3.00 \end{bmatrix} + 0.04 \begin{bmatrix} 5.00 \\ 3.00 \\ 1.00 \\ 2.00 \\ 2.00 \\ 3.00 \\ 5.00 \\ 3.00 \end{bmatrix} + 0.08 \begin{bmatrix} 3.00 \\ 1.00 \\ 0.33 \\ 0.50 \\ 0.33 \\ 1.00 \\ 5.00 \\ 3.00 \end{bmatrix} + 0.35 \begin{bmatrix} 0.20 \\ 0.20 \\ 0.20 \\ 0.20 \\ 0.20 \\ 0.20 \\ 1.00 \\ 0.33 \end{bmatrix} + 0.18 \begin{bmatrix} 0.33 \\ 0.33 \\ 0.33 \\ 0.33 \\ 0.33 \\ 0.33 \\ 3.00 \\ 1.00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.40 \\ 0.70 \\ 0.32 \\ 0.47 \\ 0.36 \\ 0.70 \\ 3.20 \\ 1.70 \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

Dividing all the elements of the weighted sum matrices by their respective priority vector element, we obtain:

$$\frac{1.40}{0.16} = 8.75 \quad \frac{0.70}{0.08} = 8.75 \quad \frac{0.32}{0.04} = 8.00 \quad \frac{0.47}{0.06} = 7.84 \quad \frac{0.36}{0.04} = 9.00$$

$$\frac{0.70}{0.08} = 8.75 \quad \frac{3.20}{0.35} = 9.14 \quad \frac{1.70}{0.18} = 9.44$$

$$\lambda_{max} = \frac{(8.75 + 8.75 + 8.00 + 7.84 + 9.00 + 8.75 + 9.14 + 9.44)}{8} = 8.71$$

Now, we find the consistency index, CI, as follows:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{8.71 - 8}{8 - 1} = 0.10$$

For statistical purposes, forest fire risk for the state was represented in five classes divided into natural break as follows: low risk, moderate risk, high risk, very high risk, and extreme risk. It should be remembered that this study was conducted in an area where the temperature values were not high and the amount of green areas was low. Parameters which are used in studies, may change according to climate types and land uses and land cover.



### 3. Results and Discussion

The map that was created within the scope of the study, are given in Figure 3-4 and. The areas and percentages of the factors are given in Table 9. Finally, all factors were used as stated in Equation 3, and the forest risk map of the study area was obtained. The study area has approximately 835.65 km<sup>2</sup> of area at low risk, 2,199.03 km<sup>2</sup> at moderate risk, 3,390.92 km<sup>2</sup> at high risk, 1,142.0 km<sup>2</sup> at very high risk, and 227.62 km<sup>2</sup> at extreme risk, representing 10.72%, 28.21%, 43.50%, 14.65%, and 2.92% of Nigde, respectively (Figure 5).

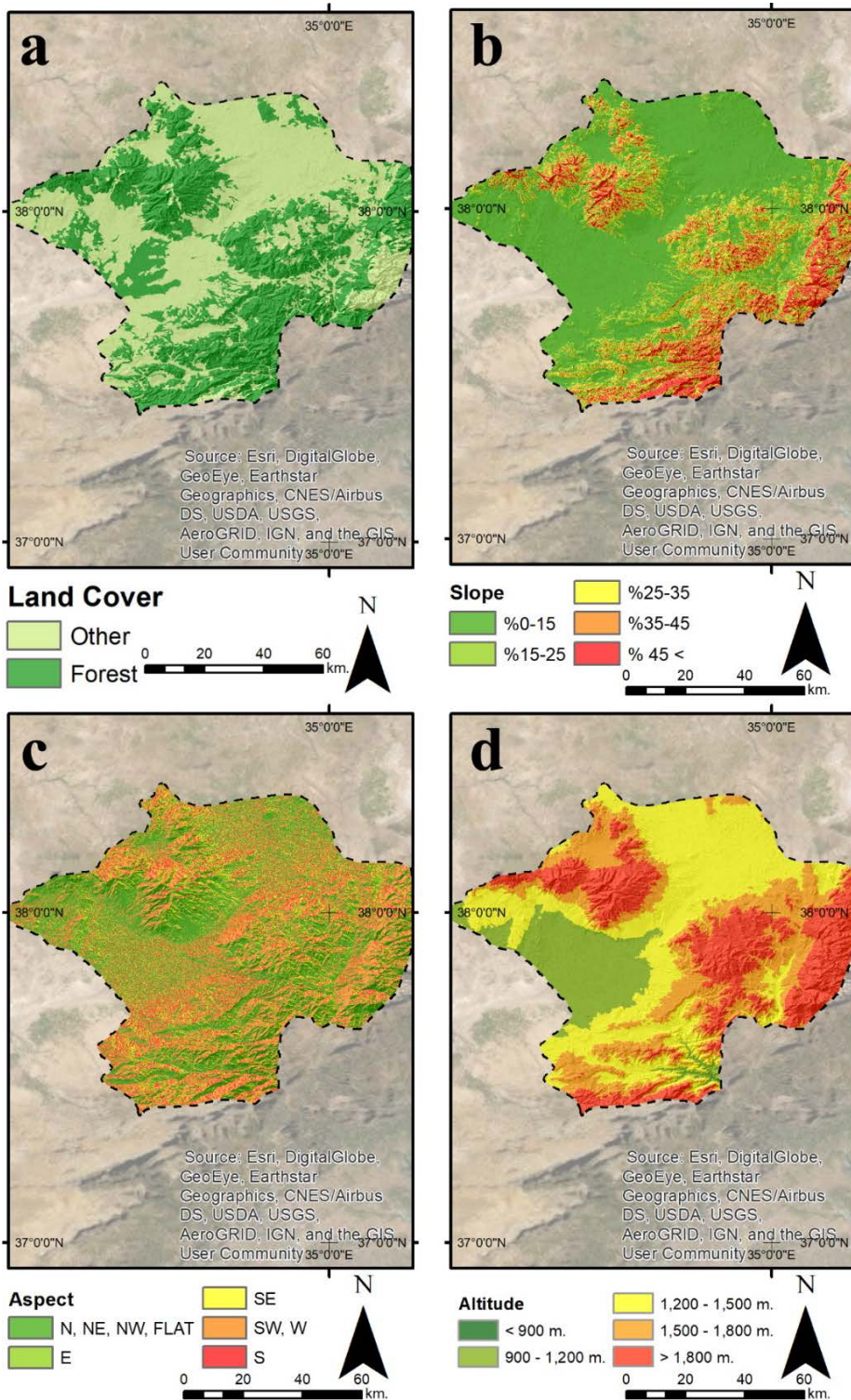


Figure 3. a) land cover, b) slope, c) aspect, d) altitude

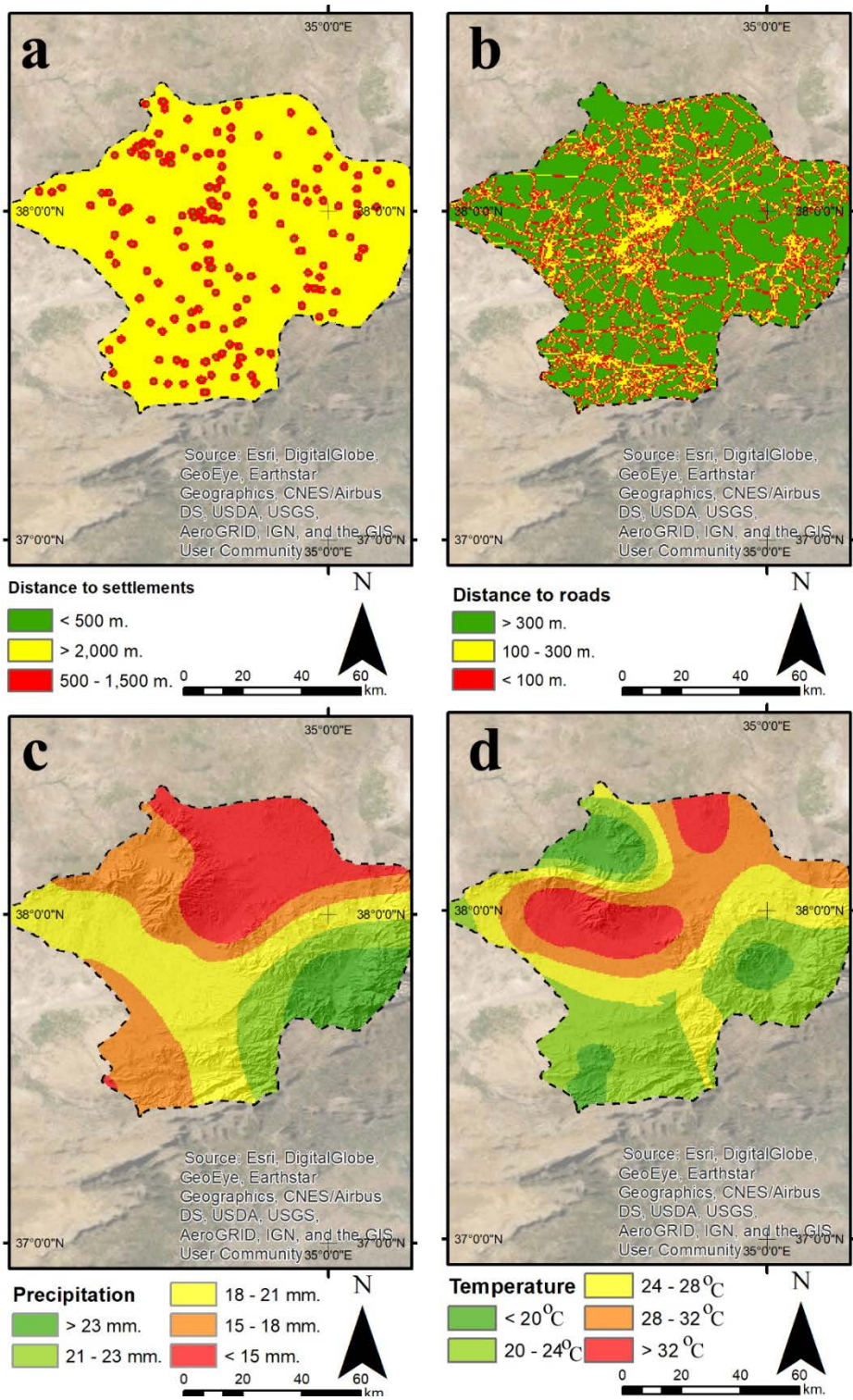


Figure 4. a) distance to settlements, b) distance to roads, c) precipitation, d) temperature



Table 9  
The areas and percentages of the factors in the study area

Factors	Classification	Value	Percent (%)	Factors	Classification	Value	Percent (%)
<b>Land Cover</b>	Forest	7	29.69	<b>Slope (%)</b>	0-15	1	55.75
	Other	1	70.31		15-25	2	14.46
<b>Distance to roads (m)</b>	< 100	6	20.25		25-35	3	10.98
	100 - 300	4	16.27		35-45	4	7.97
	> 300	2	63.49		>45	5	10.83
<b>Aspect</b>	N, NE, NW, and FLAT	1	8.91	<b>Altitude (m)</b>	< 900	1	0.02
	E	2	26.95		900 – 1,200	2	13.99
	SE	3	28.54		1,200 – 1,500	3	36.58
	SW and W	4	6.21		1,500 – 1,800	4	24.61
	S	5	29.39		> 1,800	5	24.80
<b>Precipitation (mm)</b>	< 15	5	9.87	<b>Temperature (°C)</b>	< 20	1	0.20
	15 – 18	4	13.97		20 – 24	2	5.81
	18 – 21	3	34.85		24 – 28	3	66.94
	21 – 23	2	23.71		28 – 32	4	26.17
	> 23	1	17.60		> 32	5	0.88
<b>Distance to settlements (m)</b>	< 500	1	1.31				
	500-2000	7	10.77				
	> 2000	3	87.92				

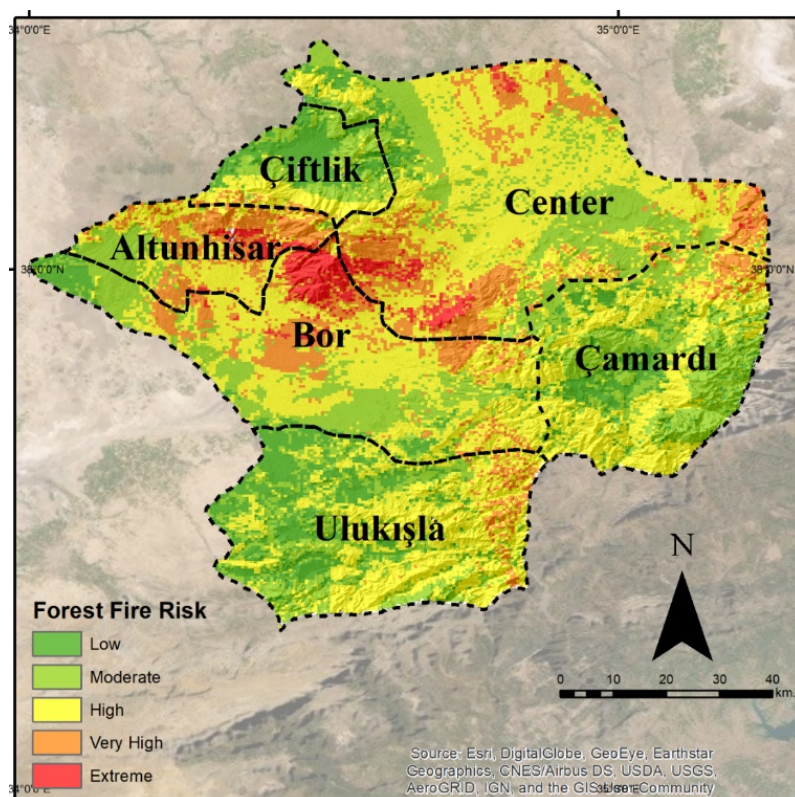


Figure 5. Forest fire risk map of Nigde

In quantitative terms, the largest portion of the study area (27.24%) was classified as very high and extreme risk, which is shown in Figure 6. Lower and upper limit values of fire hazard indices which were calculated for forest fire risk areas, are given in Table 10.

## FOREST FIRE RISK

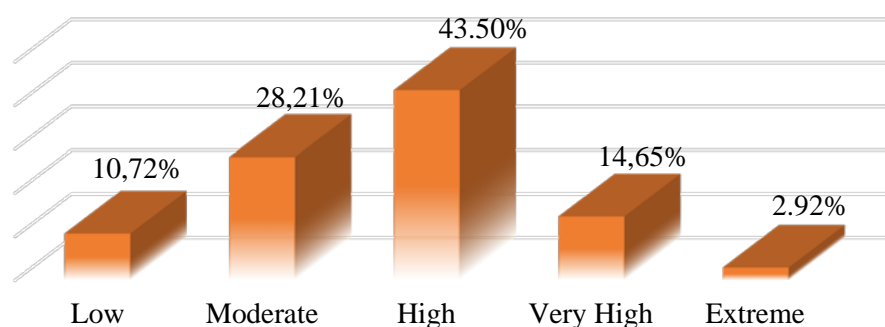


Figure 6. Forest fire risk rates

Table 10

Lower and upper limit values for forest fire risk

Risk	Lower Limit	Upper Limit
Low	1.27	2.08
Moderate	2.08	2.90
High	2.90	3.71
Very High	3.71	4.52
Extreme	4.52	5.33

The areas in which 15 fires (see Figure 2) that occurred before in Nigde, were determined on the forest fire risk map. In this way, it was determined how accurate the risk map was. Accordingly, 6 of fires were in extreme risk areas, 2 of fires in very high risk areas, 3 of the fires in high risk areas, 2 of fires in moderate risk areas, and 2 in low risk areas (Table 11). 11 of the previous fires occurred in high, very high and extreme fire risk areas. This shows that the map gives almost accurate results, even if not completely. The forest fire risk of the districts of Nigde was determined (Table 12).

Table 11

Previous fires for control fire risk map

Number	X (m)	Y (m)	Risk Value	Description
1	651788.043	4161741.211	4.91	Extreme
2	652770.255	4173164.446	4.76	Extreme
3	655922.544	4150597.626	5.20	Extreme
4	615540.740	4216452.737	3.70	High
5	604469.879	4217183.416	3.26	High
6	638951.094	4214547.191	4.26	Very High
7	676309.412	4193590.553	4.75	Extreme
8	620870.283	4218308.284	5.43	Very High
9	660392.512	4190208.839	3.58	High
10	668267.781	4173813.433	4.91	Extreme
11	684379.035	4184231.182	5.26	Extreme
12	623958.386	4181212.259	2.85	Moderate
13	628649.304	4174123.210	2.76	Moderate
14	666559.986	4226943.907	1.40	Low
15	668522.730	4242834.430	1.95	Low

Table 12  
Forest fire risk in Niğde

Districts of Niğde	Risk	Percent (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Total Area (km <sup>2</sup> )
Center	Low	15.84	362.95	2,291.43
	Moderate	70.67	1,619.34	
	High	13.49	309.14	
Bor	Low	22.43	357.08	1,591.93
	Moderate	62.90	1,001.31	
	High	14.67	233.54	
Ulukışla	Low	42.13	621.95	1,476.26
	Moderate	57.47	848.43	
	High	0.40	5.88	
Altunhisar	Low	10.09	63.00	624.58
	Moderate	62.30	389.12	
	High	27.61	172.47	
Çiftlik	Low	55.49	290.24	523.09
	Moderate	44.00	230.16	
	High	0.51	2.69	
Çamardı	Low	45.75	589.21	1,287.94
	Moderate	53.77	692.56	
	High	0.48	6.17	
<b>Total</b>		100.00	7,795.22	7,795.22

According to the results of the analysis, the lowest forest fire risk is in Çiftlik and Çamardı districts, and the highest forest risk is in Center and Bor district. Especially the volcanic Melendiz Mountains, located in the northwest of Niğde, attract attention as the areas with high fire risk. In these areas, most of which are covered with steppe vegetation such as *Astragalus angustifolius* Lam., *A. microcephalus* Willd., *A. acmophyllus* Bunge, *Thymus sipyleus* Boiss., *Salvia absconditiflora* Greuter & Burdet., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin., *Eremogone ledebouriana* (Fenzl) Ikonn., *Bromus tomentellus* Boiss. and herbaceous species such as *Dactylis glomerata* L., *Stipa pulcherrima* K.Koch and *Poa bulbosa* L. are common (Kenar, 2014). The vegetation type of the area is one of the main factors affecting the fire, and plants with aromatic essential oils such as *Thymus sipyleus* and *Salvia absconditiflora* can be burn quickly and easily. Likewise, Poaceae members such as *Festuca valesiaca*, *Bromus tomentellus*, *Dactylis glomerata*, *Stipa pulcherrima* and *Poa bulbosa*, which spread in the area, can burn very quickly and easily, especially in dry periods. *Astragalus* species, which have branched woody stems, are among the plants that cause fire in steppe vegetation as a result of the deliberate burning by sheep herders. *Quercus pubescens* Willd., *Q. trojana* Webb, *Q. cerris* L., *Q. vulcanica* Boiss. & Held. ex Kotschy and *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* Hedge & Yalt. the remnant forests formed by the taxa spread in small communities between 1500-2000 meters. Although *Quercus* species are resistant to fire, *Juniperus oxycedrus* L. seen among these relic *Quercus* communities shows an easy and fast burn feature due to the aromatic oils it contains.

The most relevant parameters in terms of forest fire risks in the formula utilized within the scope of the study (Eq. 3.) were temperature, precipitation, and land use. According to the results of the study conducted by the Niğde Forestry Directorate in 2019, the highest forested area in Niğde is in Ulukışla district (Niğde Forestry Directorate, 2019). Most of these forests are “coppice forest”. The reason why Ulukışla district is less risky than other districts in the study is that it receives too much rain and the temperature is low. Although forested areas in Merkez and Bor districts are less than other districts, fire risk is high in this district. The reason for this is high temperature, little rainfall and proximity to roads and settlements. Excessive forest areas did not affect the fire risk as much as some of the factors used in this study. Rainfall and temperature are more important in terms of fire risk than land use. As a result of the changes in precipitation and temperature values

in the districts of the study area, forest fire risk results differed. Climatic factors are the most important factors in terms of forest fire risk. Among the physical factors, the most important factor is land use/land cover because forest fire risk changes according to the land use type. Areas which have high forest presence and forest areas close to the road, have a high risk of forest fire. However, the risk of forest fire is lower in areas which have low forest presence or high urban structure. These factors are followed by slope, road, altitude, aspect and settlements, respectively. It should not be forgotten that the factors were used in Nigde where the temperature is not high, and the green areas and the amount of precipitation are low.

Weight coefficients of these factors may vary depending on regional characteristics. Topographic features are among the high environmental physical factors in fire formation and fire behaviour. Especially the altitude, slope and aspect conditions of the topography play a determining role in this context. These factors are seen as a critical parameter since the probability of forest fires decreases due to the increase in altitude. It is observed that 96% of forest fires are at altitudes lower than 1700 m. (Özşahin, 2014). These reasons for this study can be listed as follows:

- Increasing precipitation with increasing altitude,
- The temperature decreases with increasing altitude,
- Very few settlements in high areas (they are used only at certain times of the year; mostly as a summer residence),
- Most of the areas defined as forest are degraded forest lands.

Other topographic features that are effective in forest fires, are slope and aspect. In areas with high slope values, fire progression is faster, while in areas with slope decreases, the rate of fire progression is slower (Özşahin, 2014; Bingöl, 2017). Therefore, it should be more sensitive to the risk of fire, especially in high slope forest areas. Another reason for the occurrence of forest fires, especially those of human origin, is roads. Because the movements of people and vehicles on the roads, these areas are the main reason for this situation. For this reason, in the studies on forest fire sensitivity analyses, the sections of forests close to the road have been defined as areas with high fire sensitivity. AHP method was used in the study. The method was found suitable for determining the risk of forest fire. The positive properties of the method are the qualitative concepts turn into the quantitative concepts, the evaluation of the data in a certain hierarchy. The prequalification criterion may be prioritized using the AHP, and a descending-order list of contractors can be created to find the best contractors for the job. To test the sensitivity of final conclusions to modest changes in judgments, a sensitivity analysis can be undertaken (Al Harbi, 2001). However, with the increase in the number of factors which is preferred in the study, we can say that the method has problems in classification. Therefore, it can be suggested to be used in a study with a maximum of 8 factors. However, in general, the method should be preferred because it can be verified and provable in such studies.

Studies which use this method, were examined. Dilekçi et al. (2019) used AHP method in their study which was named "Zonguldak and Ereğli Forest Management Directorates of Forestry Fire Risk Areas Determination", tested the method. Kovacs et al. (2004) in their study which was named "Examining Local Ecological Knowledge of Hurricane Impacts in a Mangrove Forest Using an Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach", used AHP method. They examined the observations of fishermen regarding the impact of a hurricane on a mangrove forest of the Mexican Pacific, twenty-two structured interviews using an Analytical Hierarchy Process (AHP) approach were conducted in four villages of the Teacapán-Agua Brava lagoon-estuarine system. Ljubomir et al. (2019) used AHP method in the study which was named "Modeling the Spatial Variability of Forest Fire Susceptibility Using Geographical Information Systems and the Analytical Hierarchy Process". Vadrevu et al. (2010) stated that AHP is an important decision making matrix that determines the causative factors of forest fires and can be easily used in such studies. Mahdavi et al. (2012) and Soydan (2021) emphasized that GIS and AHP are useful method to understand important factors in the management of forest fires.



The Remote Sensing and Geographic Information Systems techniques are widely and effectively used by many countries. The use of Remote Sensing and Geographic Information Systems techniques will provide significant contributions to the planners by providing effectiveness in our country's fire management plans. Especially, it is important to establish and monitor fire safety zones as soon as possible in settlements with high fire risk in the forest and adjacent forests and to prevent possible loss of life and property. Nigde is a region with more agricultural activities. Although there are many historical sites in the region, they are far from forested areas. This reduces the risk of forest fire due to human activities. However, many fire events occur in the region caused by agricultural activities. Therefore, it is necessary to raise awareness of agricultural producers in this area and to increase measures against forest fires in the Nigde region.

#### 4. Conclusion and Recommendations

In this study, the effect of some geographic parameters on the distribution of forest fire sensitivity was analysed in Nigde. The analysis was carried out according to AHP method with GIS techniques. In the analysis, factors affecting the risk of forest fire (land use/land cover, altitude, slope, aspect, distance to settlement, distance to road lines, precipitation, and temperature) were mapped. According to the AHP method of the study, the most dominant factor which was used among the parameters for determining forest fire risk, was precipitation. In the formula for determining the fire risk created using the AHP method (Eq. 3), precipitation was the highest factor with a factor of "0.35". This was especially the determining factor in obtaining the final risk map. Because areas with high forest area but less rainfall are less risky than areas with less forest area but high rainfall.

In urban planning, the multifaceted effects of population values, which are an important indicator in the formation of cities, should be taken into consideration. In addition to inputs such as population, transportation, green tissue, and building typology, microclimatic results should also be considered. The world's largest source of natural wealth are forests, and they must be well protected in terms of providing ecological and environmental benefits, as well as being vital in ensuring natural balance. As in the rest of the world, forest fires are the leading damages to forests in our country. Especially in the Mediterranean region, which has the most conditions for the occurrence of forest fires, the necessary measures should be taken to determine fire management and fire damage detection systematically. On the other hand, forests, especially in developing countries, are under great pressure. These countries are cutting their forests at an extreme level in order to find the necessary financial resources for them and thus destroying them. In Turkey, deliberate fires occur in forest areas. These areas are desired to be removed from forest characteristics. These areas are transformed into accommodation areas such as hotels, hostels and hostels due to their natural wealth. Such activities for economic gain cause reduced forest areas in Turkey. When the causes of forest fires between 1997-2006 occurring in Turkey examined; It was determined that 57.86% of forest fires were the result of negligence-carelessness-accident, and 13.40% of them were the result of intent (Hasdemir et al., 2009). A comprehensive fight plan should be prepared against large forest fires that occur periodically in our country. In order to meet this plan, equipment and other needs should be completed as soon as possible. The exchange of information, technology, experience and equipment between countries in combating forest fires will be the most accurate and effective way to succeed in this fight. Under the different climatic, vegetation and topography conditions of the world, it will be known in advance how to deal with similar types of fires by examining various forest fires. To this end, exchange of fire fighting personnel and scientists between countries will enable the existing information to grow and spread.

#### References

- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19-27.
- Ateşoğlu, A., Melemez, K., Uğur, B. (2015). Determination of pumper truck intervention ratios in zones with

- forest fire potential: case study for Bartın Regional Forest Directorate. *Journal of Applied Remote Sensing*, 16(1), 132-143.
- Bilgili, E. (2003). Stand development and fire behaviour. *Forest Ecology and Management*, 179(1), 333-339.
- Bilici, E. (2009). A study on the integration of firebreaks and fireline with forest roads networks and its planning and construction (a case study of Gallipoly National Park). *Journal of Istanbul University Faculty of Forestry Series A*, 59(2), 86-102.
- Carmel, Y., Paz, S., Jahashan, F., Shoshany, M. (2009). Assessing fire risk using Monte Carlo simulations of fire spread. *Forest Ecology and Management*, 257(1), 370-377.
- Bingöl, B. (2017). Determination of Forest Fire Risk Areas in Burdur Province Using Geographical Information Systems. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(2), 169-182.
- Çoban, H. O., Erdin, C. (2020). Forest fire risk assessment using GIS and AHP integration in Bucak forest enterprise, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 1567-1583.
- Dağdeviren, M., Tamer, E. (2001). Analytical hierarchy process and use of 0-1 goal programming methods in supplier selection. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 16(1), 41-52.
- Demir, M., Kucukosmanoglu, A., Hasdemir, M., Acar, H., Ozturk, T. (2009). Assessment of forest roads and firebreaks in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(18), 4553-4561.
- Dilekçi, S., Marangoz, A. M., Ateşoglu, A. (2019). Zonguldak and Ereğli Forest Management Directorates of Forestry Fire Risk Areas Determination. *Geomatik*, 6(1), 44-53.
- Erten, E., Kurgun, V., Musaoglu, N. (2004). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: a case study. XX<sup>th</sup> Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 222-230, 12-23 July 2004, Istanbul.
- Estoque, R. C., Murayama, Y., Myint, S. W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349-359.
- Eugenio, FC, Dos Santos, AR., Fiedler, NC., Ribeiro, GA., Da Silva, AG., Dos Santos, ÁB., Schettino, VR. (2016). Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 173, 65-71.
- Gao, X., Fei, X., Xie, H. (2011). Forest fire risk zone evaluation based on high spatial resolution RS image in Liangyungang Huaguo Mountain Scenic Spot. International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services, 1, 593-596.
- Gazzard, R. (2012). Risk Management Control Measure: Toolkit for Practitioners and Advisors. UK Vegetation Fire Risk Management Press: London, 24 pages.
- General Directorate of Meteorology. (2019). Chart of Nigde City rainfall intensity over time. Ankara: Republic of Turkey, Ministry of Agriculture and Forestry, <https://www.mgm.gov.tr/> (01.09.2021).
- Gigović, L., Jakovljević, G., Sekulović, D., Regodić, M. (2018). GIS Multi-Criteria Analysis for Identifying and Mapping Forest Fire Hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina. *Tehnički Vjesnik* 25(3), 891-897.
- Hasdemir, M., Küçükosmanoğlu, A., Demir, M., Öztürk, T., Akgül, M., Bilici, E. (2009). Evaluation of the Forest Roads, Fire Safety Roads and Ribbon in Context of Prevention Forest Fire. I. Prevention Forest Fires Symposium, 419-425, 07-10 Jan. 2009, Ankara.
- Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D., Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1), 1-10.
- Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., Kızılelma, Y. (2013). Determination of Forest Fire Risk Areas Using Geographical Information Systems in Başkonuş Mountain (Kahramanmaraş). *The Journal of International Social Research*, 6(24), 171-179.
- Kenar, N. (2014). Notes and contributions on the flora of Melendiz Mountains and its surroundings (Niğde, Turkey). *Flora Mediterranea*, 24(1), 109-138.
- Kovacs, J. M., Malczewski, J., Flores-Verdugo, F. (2004). Examining local ecological knowledge of hurricane

- impacts in a mangrove forest using an analytical hierarchy process (AHP) approach. *Journal of Coastal Research*, 20(3), 792-800.
- Kumari, B., Pandey, A. C. (2020). Geo-informatics based multi-criteria decision analysis (MCDA) through analytic hierarchy process (AHP) for forest fire risk mapping in Palamau Tiger Reserve, Jharkhand state, India. *Journal of Earth System Science*, 129(1), 1-16.
- Lin, J., Sergio, R. (2009). A derivation of the statistical characteristics of forest fires. *Ecological Modelling*, 220(7), 898-903.
- Ljubomir, G., Pamučar, D., Drobnjak, S., Pourghasemi, H. R. (2019). Modelling the spatial variability of forest fire susceptibility using geographical information systems and the analytical hierarchy process. *In Spatial Modelling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, 4(1), 337-369.
- Malik, T., Rabbani, G., Farooq, M. (2013). Forest fire risk zonation using remote sensing and GIS technology in Kansrao Forest Range of Rajaji National Park, Uttarakhand, India. *Inter. J. of advanced RS and GIS*, 2(1), 86-95.
- Mahdavi, A. (2012). Forests and rangelands? Wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1), 43-52.
- Mohammadi, K., Hosseini, S. A., Lotfian, M., Najafi, A. (2010). Planning road network in mountain forests using GIS and Analytic Hierarchical Process (AHP). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(2), 151-162.
- Nuthammachot, N., Stratoulas, D. (2019). A GIS-and AHP-based approach to map fire risk: a case study of Kuan Kreng peat swamp forest, Thailand. *Geocarto International*, 36(2), 212-225.
- Özkazanç, N. K., Ertuğrul, M. (2011). Effects of Forest Fires on Fauna. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 13(19), 128-135.
- Nigde Forestry Directorate. (2019). Provincial Environmental Status Report. Ministry of agriculture and forestry Press: Nigde, 65 pages
- Özşahin, E. (2014). Forest Fire Sensitivity Analysis Using GIS and AHS: Example of the Antakya Forest Enterprise Directorate. *Route Educational and Social Science Journal*, 1(1), 50-71.
- Pradhan, B., Suliman, M. D. H. B., Awang, M. A. B. (2007). Forest fire susceptibility and risk mapping using remote sensing and geographical information systems (GIS). *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 16(2), 46-65.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- Sağlam, B., Bilgili, E., Dincdurmaz, B., Kadiogulari, A. I., Küçük, Ö. (2008). Spatio-temporal analysis of forest fire risk and danger using LANDSAT imagery. *Sensors*, 8(6), 3970-3987.
- Soydan, O. (2021). Solar power plants site selection for sustainable ecological development in Nigde, Turkey. *SN Applied Sciences*, 3(1), 1-18.
- Toksarı, M. (2007). Determining the target market for the furniture industry in the Aegean region using analytical hierarchy process approach. *Management and Economics*, 14(1), 171-180.
- Vadrevu, K. P., Eaturu, A., Badarinath, K. (2010). Fire risk evaluation using multicriteria analysis—a case study. *Environ. Environmental monitoring and assessment*, 166(1), 223-239.
- Van Der Werf, G. R., Randerson, J. T., Collatz, G. J., Giglio, L., Kasibhatla, P. S., Arellano, A. F., Kasischke, E. S. (2004). Continental-scale partitioning of fire emissions during the 1997 to 2001 El Nino/La Nina period. *Science*, 303(5654), 3-76.
- Van Hoang, T., Chou, T. Y., Fang, Y. M., Nguyen, N. T., Nguyen, Q. H., Xuan Canh, P., Meadows, M. E. (2020). Mapping Forest Fire Risk and Development of Early Warning System for NW Vietnam Using AHP and MCA/GIS Methods. *Applied Sciences*, 10(12), 4348.

# Kastamonu ve Sinop Yöresi Sarıçam Meşcereleri İçin Ekorejyon Tabanlı Çap Artım Modeli

Fadime SAĞLAM<sup>1\*</sup>, Oytun Emre SAKICI<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 37150, Kastamonu, Türkiye

## Article History

Received: 08.03.2022

Accepted: 28.03.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article



**Öz** – Tek ağaç ve meşcere gelişimleri ekolojik faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu çalışmada, Kastamonu ve Sinop yöresi saf ve doğal sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için ekorejyon tabanlı tek ağaç çap artım modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla, çeşitli ekolojik faktörlerin birlikte değerlendirilmesiyle oluşan ekolojik bölge sınıflaması modellerde altlık olarak kullanılmış ve tek ağaçlardaki çap artımlarının ekorejyonlar arasındaki farklılıkları araştırılmıştır. Çalışma alanının yer aldığı Karadeniz İklim Bölgesi 5 alt ekolojik bölgeyi (ekorejyon) barındırmakta olup, çalışma kapsamında sarıçam ağaç türünün yoğunluk gösterdiği Ekorejyon 1 Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3'te arazi çalışmaları sürdürülmüştür. Çalışma materyali olarak 292 örnek alandan elde edilen 2318 adet örnek ağaç verisi kullanılmıştır. Karışık etkili modelleme tekniği ile geliştirilen çap artım modeline ilişkin tahminlerin ekorejyonlar arasındaki farklılığı Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı yöntemi ile test edilmiştir. Tek ağaç çap artım modeli, ağaca ilişkin göğüs çapı yanında meşcere yaşı, bonitet endeksi, sıklık derecesi ve meşcere orta çapı gibi meşcere özellikleri ile yarışma endekslerine bağlı olarak son 5 yıllık çap artımlarını tahmin etmek üzere geliştirilmiş olup  $R^2$  değeri 0,691'dir. İstatistiksel ve grafiksel incelemeler sonucunda çap artımının ekorejyonlar arasındaki farklılıkları ortaya konulmuş olup Kastamonu ve Sinop yöresi doğal sarıçam meşcerelerinde ekorejyon tabanlı modellerin kullanılması uygun bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler** – Tek ağaç modeli, ekorejyon, karışık etkili modelleme, *Pinus sylvestris*

## Ecoregion-Based Diameter Increment Model for Scots Pine Stands in Kastamonu and Sinop Regions

<sup>1\*</sup>Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 37150, Kastamonu, Turkey

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 08.03.2022


Kabul: 28.03.2022


Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi

**Abstract** – Individual tree and stand development may vary depending on ecological factors. In this study, ecoregion-based individual tree diameter increment model were developed for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of Kastamonu and Sinop regions. For this purpose, ecoregion classification, which is formed by evaluating various ecological factors, was used in the models and the differences between ecoregions were investigated. The Black Sea Climatic Region, where the study area is located, contains 5 sub-ecological regions (ecoregion), and area studies were carried out in Ecoregion 1, Ecoregion 2 and Ecoregion 3, where Scots pine are densely distributed. The data of 2318 sample trees obtained from 292 sample plots were used as study material. The estimations made with the mixed-effects modeling approach were compared using the non-linear sum of extra squares test. Individual tree models for each ecoregion have been developed to estimate the diameter increments of the last 5 years, and its  $R^2$  value is 0,691. As a result of statistical and graphical examinations, it was revealed that there were differences between ecoregions and found appropriate to use ecoregion-based models for Scots pine stands in Kastamonu and Sinop regions.

**Keywords** – Individual tree model, ecoregion, mixed effects modelling, *Pinus sylvestris*

<sup>1</sup>  fsaglam@kastamonu.edu.tr

<sup>2</sup>  oesakici@kastamonu.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Ormanlar, topluma çeşitli sosyal, kültürel ve ekonomik faydalar sağlayan doğal kaynakların en önemlilerinden birisidir. İnsanoğlunun var oluşuyla başlayan insan-orman ilişkisi ilk zamanlar ormanların barınma ve gıda kaynağı olarak kullanılması şeklinde kendini göstermiştir. Sonrasında ise, insanlığın gelişip insan nüfusunun artmaya başlamasıyla ormanlardan yararlanma çeşitlilik kazanmıştır. Nüfus artışı ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak bir yandan ormanlardan sağlanan sosyal, kültürel ve ekonomik olarak çok amaçlı yararlanmanın sağlanması, diğer yandan da orman ekosistemlerinin sürekliliğinin garantiye alınması için bu yararlanmanın bir plan dahilinde yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Eraslan, 1982; Asan, 1999; Eler, 2001; Köse vd., 2001; Kapucu, 2004; Eler, 2013). Ormanların rasyonel bir şekilde planlanarak, etkin ve verimli bir şekilde işletilebilmesi için de ormanların artım ve büyüme potansiyellerinin doğru ve güvenilir bir biçimde tahmin edilmesi gerekmektedir (Akalp, 1978; Mısır, 2003; Mısır ve Yavuz, 2013).

Çeşitli ağaç türlerini içeren orman ekosistemleri; değişen iklim, toprak, bitki örtüsü vb. özelliklere sahip geniş bir coğrafi alanı kapsamaktadır. Çeşitli iklim ve yetişme ortamı koşullarında yer alan meşcerelerin artım ve büyümesinin tahmin edilmesi, ekolojik tabanlı planlama yaklaşımları ve stratejilerinin ortaya konulmasında kritik öneme sahiptir (Klos vd., 2007). Ekolojik faktörler meşcere artım ve büyümesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Artım ile büyüme tahminlerinde ekolojik faktörleri dikkate alarak geliştirilen ekolojik tabanlı modellerin kullanılması daha başarılı ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Huang, 1994; Xu, 2004; Klos vd., 2007; Seki ve Sakıcı, 2022). Ekolojik farklılıklar dikkate alınmadan çeşitli modellerin kullanılması, meşcere ve tek ağaçlara ilişkin tahminlerde yüksek hatalara sebep olabilmektedir (Huang vd., 2000). Bir meşcereye ilişkin artım ve büyüme ilişkileri büyük ölçüde çevre koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğinden, iklim, topografya, toprak ve fizyografik özelliklerin etkileri de dikkate alınmalıdır (Özçelik vd., 2016).

Meşcere içerisinde yer alan ağaçların artım ve büyüme potansiyellerini etkileyen en temel faktörlerden birisi ağaçlar arasındaki rekabet düzeyidir (Curtis, 1970). Ağaçlar ışık, su, bitki besin elementleri ve mevcudiyetlerini sürdürdükleri alan da dâhil olmak üzere çeşitli kaynaklar için rekabet ederler (Ford ve Sorrensen, 1992). Ağaçlar büyüdükçe, çevrelerini ve ayrıca komşularının da büyüme yeteneklerini etkilerler. Dolayısıyla, bireyler arasındaki rekabet hem konumsal hem de zamansal olarak oldukça dinamik bir yapıya sahiptir (Weiskittel vd., 2011). Her ağacın komşularından ne kadar etkilendiğini ifade eden rekabetin sayısal değeri Yarışma Endeksi (Competition Index) olarak adlandırılmakta ve çeşitli matematiksel eşitlikler ile hesaplanmaktadır (Yavuz, 1997; Burkhardt ve Tomé, 2012). Yarışma endeksleri komşu ağaçların konu ağaca olan uzaklıklarını dikkate alıp almama durumuna göre iki gruba ayrılmaktadır. Komşu ağaçlara olan uzaklıkları dikkate alan yarışma endeksleri “uzaklığa bağlı (distance-dependent veya position-dependent)” ve bu uzaklıkları dikkate almayan yarışma endeksleri ise “uzaklıktan bağımsız (distance-independent veya position-independent)” yarışma endeksleri olarak adlandırılmaktadır (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Pretzsch, 2009; Weiskittel vd., 2011; Burkhardt ve Tomé, 2012).

Ülkemizde, Mısır (2003) tarafından karaçam ağaçlandırmaları için tek ağaca ilişkin çap, göğüs yüzeyi ve hacim artım modelleri, yapay sahilçamı meşcereleri (Özdemir, 2005), doğal ve yapay kızılçam ve karaçam meşcereleri (Carus, 2005), dişbudak ağaçlandırmaları (Carus ve Çiçek, 2007), doğal kızılçam meşcereleri (Çatal, 2009) ve yapay kızılçam meşcereleri (Carus ve Gülden, 2014; Çatal vd., 2014) için tek ağaç çap artım modelleri, Doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız tek ağaç artım modelleri (Ercanlı, 2010), karışık sarıçam meşcereleri için uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız tek ağaç çap artım modelleri (Yavuz vd., 2010), sarıçam, göknar ve kayın karışık meşcereleri için uzaklığa bağlı tek ağaç çap artım modeli (Özdemir, 2011), Doğu Karadeniz göknarı-doğu ladini karışık meşcereleri için tek ağaç çap artımı modelleri (Kahrman ve Yavuz, 2012), karaçam meşcereleri için tek ağaç çap artım

modelleri (Seki, 2020; Bolat, 2021) ve meşe için uzaklığa bağlı tek ağaç göğüs yüzeyi artım modeli (Özdemir, 2021) geliştirilmiştir.

Sarıçam, ülkemizde yayılış yaptığı alanlarda iklim, topoğrafya, toprak ve ana materyale bağlı olarak bonitet, kapalılık, floristik bileşim ve coğrafi varyasyon bakımından farklı özellikler göstermektedir (Atalay, 2012). Bu çalışmada, Kastamonu ve Sinop Orman Bölge Müdürlüklerinde (OBM) yayılış gösteren sarıçam ağaç türü için tek ağaç özellikleri, meşcere yaşı, bonitet ve meşcere sıklığı gibi meşcere özellikleri ve uzaklıktan bağımsız yarışma endekslerinin yanında çeşitli ekolojik faktörlerin bütünleşmesiyle oluşan ekorejyonların da modellemeye dahil edilerek tek ağaç çap artım modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Material and Method

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak belirlenen Kastamonu ve Sinop OBM'leri sarıçam meşcerelerinin önemli yayılış alanlarıdır. Toplam 1,91 milyon hektar yüzölçümüne sahip olan Kastamonu ve Sinop OBM'lerinin yaklaşık olarak %65'i (1,24 milyon hektar) ormanlık alanlardan oluşmaktadır (OGM, 2021). Çalışma alanı içerisinde yaklaşık 51 bin ha saf ve verimli sarıçam meşceresi bulunmaktadır. Çalışma alanında, yeryüzü şekli, yetiştirme ortamı, yükselti, bakı ve çeşitli ekolojik faktörler bakımından farklı özelliklerde sarıçam meşcereleri bulunmaktadır. Bu amaçla, yapılan çalışmada Atalay (2014) tarafından geliştirilen ekolojik sınıflandırma sonucunda oluşturulan alt ekolojik bölgeler (ekorejyonlar) dikkate alınmıştır. Atalay (2014), iklim, toprak, ana materyal, topoğrafya ve biyotik faktörleri dikkate alarak Türkiye'yi ekolojik bölgelere ayırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, çalışma alanı olan Kastamonu ve Sinop yöresi "Karadeniz İklim Bölgesi" içerisinde bulunmakta ve bu iklim bölgesi de beş ekorejyona ayrılmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında yer alan ekorejyonlar aşağıda verilmiştir:

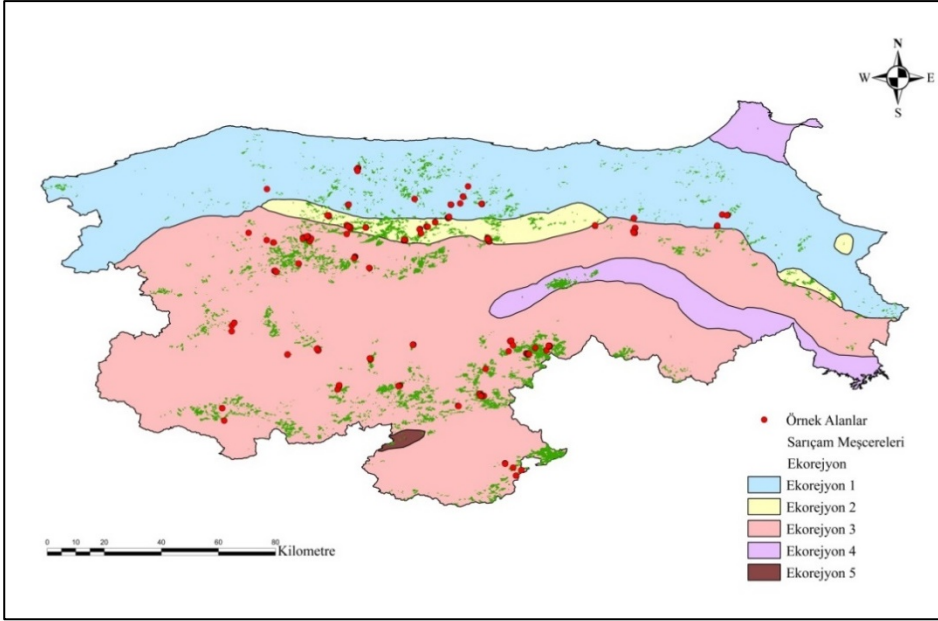
- Ekorejyon 1. Nemli-Ilıman Geniş Yapraklı Orman Bölümü,
- Ekorejyon 2. Karadeniz Kıyı Dağları Nemli-Soğuk İğne Yapraklı Orman Bölümü,
- Ekorejyon 3. Karadeniz Ardı Plato ve Dağlar Soğuk Yarınemli Orman Bölümü,
- Ekorejyon 4. Karadeniz Ardı Kurakçıl Orman-Çalı Bölümü,
- Ekorejyon 5. Karadeniz Dağ Çayırları Bölümü

Ekorejyonlarda verimli sarıçam meşcerelerinin alansal dağılımları sırasıyla Ekorejyon 3 (%71,5), Ekorejyon 1 (%13,1) ve Ekorejyon 2 (%12,5) şeklindedir. Ekorejyon 4 (%2,7) ile Ekorejyon 5'te (%0,2) yayılış gösteren saf ve verimli sarıçam meşcerelerinin alansal büyüklükleri ise oldukça azdır. Bu sebeple, modellerin geliştirilmesinde kullanılacak veriler ilk üç ekorejyonda yayılış gösteren sarıçam meşcerelerinden elde edilmiştir.

### 2.2. Materyal

Çalışma alanı içerisinde yayılış gösteren saf sarıçam meşcereleri amenajman planları ve plan verilerine ilişkin sayısal altlıklar yardımıyla tespit edilmiştir. Sarıçam meşcerelerinden farklı meşcere yaşı, sıklık ve bonitet sınıfları ile ekorejyonlara (Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 olmak üzere 3 ekorejyon) dağıtımını sağlanmaya çalışılarak alınan toplam 292 adet örnek alandan ve 2318 adet örnek ağaç verisi bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Örnek alanlardan 68'i Ekorejyon 1, 73'ü Ekorejyon 2 ve 151'i Ekorejyon 3'ten alınmıştır. Örnek alanların çalışma alanına ve ekorejyonlara dağılımları Şekil 1'de verilmiştir.





Şekil 1. Örnek alanların çalışma alanına ve ekorejyonlara dağılımları

Örnek alanlar daire biçiminde alınmış olup büyüklükleri meşcere kapalılığı ve içerisine düşen örnek ağaç sayısı dikkate alınarak 200 m<sup>2</sup> ile 1200 m<sup>2</sup> (200, 400, 600, 800, 1000 veya 1200 m<sup>2</sup> olarak) arasında değişmiştir. Örnek alan içerisinde göğüs çapı 8 cm ve daha büyük olan tüm ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapları ( $d_{1,30}$ ) 0,1 cm hassasiyetinde ve çift kabuk kalınlıkları (ÇKK) 1 mm hassasiyetinde ölçülmüştür. Örnek alanlarda her bir çap basamağından seçilen 2-3 ağaçta (örnek alan içerisinde 8-12 ağaç) artım burgusu yardımıyla göğüs yüksekliklerinden artım kalemleri alınmıştır. Artım kalemleri üzerindeki yıllık halkalar sayılmış ve ardından son 5 yıllık halka kalınlıkları 0,5 mm hassasiyetinde ölçülmüştür. Meşcere sıklığının hesaplanmasında kullanılmak üzere, her bir örnek alana ilişkin göğüs yüzeyi orta çapı ( $d_q$ ) ve meşcere göğüs yüzeyi ( $G$ ) hesaplanmıştır. Meşcere yaşının belirlenmesi amacıyla her bir örnek alanda meşcere orta çapına yakın 4-5 ağaçtan artım kalemi alınmıştır. Bonitet endekslerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere de örnek alanlarda hektarda 100 ağaç hesabına göre (örnek alan büyüklüğüne bağlı olarak 400 m<sup>2</sup> için 4 ağaç, 600 m<sup>2</sup> için 6 ağaç vb. gibi) örnek alan içerisine düşen en uzun boylu ağaçların boyları 0,1 m hassasiyetinde ölçülmüştür.

### 2.3. Yöntem

Tek ağaçlara ilişkin çap artım tahminlerine olanak sağlayan tek ağaç çap artım modellerinde bağımlı değişken olarak çap artımı ya da göğüs yüzeyi artımı kullanılabilir (Burkhart ve Tomé, 2012). Ancak, yapılan çalışmalarda çoğunlukla çap artımı tercih edilmektedir (Huang ve Titus, 1995). Bu çalışma kapsamında tek ağaç boyutları (göğüs çapı ve boy gibi), meşcere özellikleri (yaş, sıklık, bonitet endeksi gibi) ve ağaçlara ilişkin rekabet durumları (yarışma endeksleri) gibi değişkenlerin bir fonksiyonu olarak yıllık ortalama çap artımını tahmin eden tek ağaç çap artım modeli geliştirilmesi amaçlanmış olup modelleme çalışması için izlenen yöntem aşağıda açıklanmıştır.

Çap artım modellerinin geliştirilmesinde örnek ağaçlara ilişkin son 5 yıllık çap artımlarına ve 5 yıl önceki çap değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu artım değerlerinin hesaplanmasında örnek ağaçlara ilişkin kabuklu ve kabuksuz göğüs çapları, kabuk kalınlığı, kabuk faktörü ve artım kalemlerinden elde edilen son 5 yıla ait kabuksuz çap artım değerlerinden yararlanılmaktadır. Kabuksuz göğüs çapı; kabuklu göğüs çapı (cm) değerinden kabuk kalınlığının (cm) çıkarılması ile elde edilmektedir. Kabuk faktörü; kabuklu göğüs çapı değerinin kabuksuz göğüs çapı değerine oranlanması ile hesaplanmaktadır. Elde edilen bu veriler yardımıyla örnek ağaca ilişkin 5 yıl önceki kabuklu çap değerleri; kabuksuz göğüs çapı değerinden son 5 yıllık artım değerlerinin çıkartılması ve bu değer kabuk faktörü ile çarpılması sonucunda

hesaplanmaktadır. Kabuklu ve kabuksuz göğüs çapları arasındaki ilişkileri ortaya koymada kullanılan kabuk faktörünün konu ağaca ilişkin dönem sonu ve dönem başı kabuklu göğüs çapı değerlerinin hesaplanmasında değişmediği kabul edilmiştir.

Çap artım modellerine ilişkin uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri ülkemizde çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalardan sağlanmıştır (Yavuz, 1997; Mısır, 2003; Ercanlı, 2010; Kahriman, 2011; Özdemir, 2011; Seki, 2020). Çalışma kapsamında tercih edilen beş adet uzaklıktan bağımsız yarışma endeksine ilişkin denklem yapıları aşağıda verilmiştir:

- Konu ağaç göğüs çapının meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapına oranlandığı yaklaşım:

$$YE_1 = \frac{d_i}{d_q} \quad (2.1)$$

- Konu ağaç göğüs çapının meşcerenin en kalın çaplı ağacının göğüs çapına oranlandığı yaklaşım:

$$YE_2 = \frac{d_i}{d_{max}} \quad (2.2)$$

- Konu ağaca ilişkin göğüs yüzeyi değerinin meşcerenin ortalama göğüs yüzeyine oranlandığı yaklaşım:

$$YE_3 = \frac{g_i}{\bar{g}} \quad (2.3)$$

- Konu ağaca ilişkin göğüs yüzeyi değerinin meşcerenin en kalın çaplı ağacının göğüs yüzeyine oranlandığı yaklaşım:

$$YE_4 = \frac{g_i}{g_{max}} \quad (2.4)$$

- Konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyleri toplamını yarışma endeksi olarak kabul eden yaklaşım:

$$YE_5 = BAL_i = \sum_1^n g_j g_j > g_i \quad (2.5)$$

Bu eşitliklerde;  $YE$ : yarışma endeksini,  $d_i$ : konu ağacın göğüs çapını,  $d_q$ : meşcereye ilişkin göğüs yüzeyi orta ağacının çapını,  $d_{max}$ : meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs çapını,  $g_i$ : konu ağacın göğüs yüzeyini,  $\bar{g}$ : meşcerenin ortalama göğüs yüzeyini,  $g_{max}$ : meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs yüzeyini ve  $g_j$ : konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeylerini ifade etmektedir.

Rekabetin ortaya konulması amacıyla yukarıda açıklanan yarışma endeksleri incelendiğinde,  $YE_1$ - $YE_4$  nolu yarışma endekslerine ilişkin değer artması durumunda ilgili ağacın meşcere içerisinde komşu ağaçlardan gördüğü baskının azaldığı yani rekabet konusunda baskın duruma geçtiği anlaşılmaktadır.  $YE_5$  nolu yarışma endeksine ( $BAL$ ) ilişkin sayısal değer artması durumunda ise konu ağacın meşcerede gördüğü baskının arttığı anlaşılmaktadır.

Meşcere yaşının belirlenmesi amacıyla alınan artım kalemlerindeki yıllık halkalar sayılarak örnek ağaçların göğüs yüksekliği yaşları belirlenmiş ve ilgili örnek alan için ağaçların 1,30 m yüksekliğe ulaşma süreleri (meşcerede bulunan 1,30 m boyundaki fidanların sürgün sayısı yardımıyla; genel olarak I. Bonitet için 6 yıl, II. Bonitet için 8 yıl, III. Bonitet için 10 yıl) göğüs yüksekliği yaşına eklenerek ağaçların yaşları hesaplanmıştır. Ağaçlara ilişkin yaşların aritmetik ortalaması alınarak da örnek alanlara ilişkin meşcere yaşları belirlenmiştir.

Meşcere sıklığının hesaplanmasında Curtis vd. (1981) tarafından geliştirilen sıklık ölçütünden yararlanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak meşcere sıklık derecesi ( $SD$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$SD = \frac{G}{\sqrt{d_q}} \quad (2.6)$$

Bu eşitlikte;  $SD$  sıklık derecesini,  $G$  hektardaki göğüs yüzeyini ( $m^2/ha$ ) ve  $d_q$  ise göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm) ifade etmektedir.

Artım üzerinde önemli bir etkiye sahip olan yetiştirme ortamı özellikleri, ilgili muhitin iklim, toprak, topografya ve mevki gibi faktörlerin etkisiyle oluşur (Eler ve Carus, 2006). Belli bir yaşta bir meşcerenin yapacağı üretim miktarını tahmin etmek, orman işletmelerini teknik ve ekonomik olarak planlayabilmenin önemli bir aşamasıdır (Günel, 1981). Belli bir standart yaşta meşcerenin alacağı üst boy değeri olarak isimlendirilen “bonitet endeksi” meşcere verimliliğinin ortaya konulmasında önemli olmaktadır (Kalıpsız, 1998; Cieszewski ve Strub, 2008). Çalışma kapsamında bonitet endekslerinin ( $BE$ ) hesaplanmasında Sağlam (2021) tarafından geliştirilen dinamik bonitet endeks modelleri kullanılmıştır.

Tek ağaç modellerinin geliştirilmesi ve geliştirilen modellerin uygunluğunun test edilmesi amacıyla tüm veriler (2318 adet) rastgele bir şekilde model geliştirme (%75  $\cong$  1736 adet) ve kontrol (%25  $\cong$  582 adet) verileri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Tek ağaç çap artım modellerinin geliştirilmesinde, 5 yıllık ortalama çap artımları bağımlı değişken ve tek ağaç özellikleri, meşcere özellikleri (meşcere yaşı, bonitet endeksi, sıklık derecesi, orta çap) ve yarışma endeksleri (5 farklı ölçüte bağlı olarak hesaplanan uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri) ile bu değişkenlerin çeşitli kombinasyonları da bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. İlgili modellerin geliştirilmesinde ilk olarak IBM SPSS 20 (2011) paket programı yardımıyla Aşamalı Regresyon yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucu başarılı bulunan tek ağaç modeline Karışık Etkili Regresyon Analizi uygulanmıştır. Tek ağaç gelişimleri yukarıda bahsedilen bağımsız değişkenler yanında çeşitli ekolojik faktörlere göre de değişim göstermektedir. Söz konusu değişimlerin incelenmesi amacıyla tek ağaç modelleri ekolojik tabanlı modeller şeklinde geliştirilmeli ve ekolojik farklılıklar incelenmelidir. Bu sebeple, modellerin geliştirilmesinde ekorejyonlar arasında çap artım ilişkileri bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı incelendiğinden ekorejyonlar rastgele etki (subject) olarak değerlendirilmiştir. Karışık etkili tek ağaç modellerinin geliştirilmesinde R programındaki “nlme” paketi kullanılmıştır (R Core Team, 2021). Modellerin değerlendirilmesinde Akaike Bilgi Kriteri ( $AIC$ ) ve Bayesian Bilgi Kriteri ( $BIC$ ) dikkate alınmıştır. Model geliştirme grubuna ait veriler kullanılarak geliştirilen tek ağaç modeli ile kontrol veri grubu için yapılan tahmini ve aynı zamanda ölçülen yıllık ortalama çap artım değerleri “Student’in Eşleştirilmiş  $t$ -testi” kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ölçülen ve tahmin edilen çap artım değerleri arasında %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaması durumunda modelin çalışma alanı için uygun olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

#### 2.4. Ekolojik Tabanlı Tek Ağaç Çap Artım Modeli ve Ekorejyon Farklılıklarının Test Edilmesi

Artım modellerinin tahmin başarıları ekolojik farklılıkların dikkate alınmasıyla artmaktadır. Bu sebeple ekolojik tabanlı modellerin geliştirilmesi amaçlanmış olup, bu modellerin sunduğu tahminler bakımından ekorejyonlar arasında farklılık olup olmadığının belirlenmesinde “Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı Testi”, diğer adıyla F-testi kullanılmıştır (Eşitlik 2.7). Bu testin uygulanması aşamasında “tam (full)” ve “indirgenmiş (reduced)” model yapılarına ihtiyaç vardır. Farklılıkları araştırılan tüm ekorejyonlar için aynı parametre değerlerini kullanan model yapısı “indirgenmiş model”, her bir ekorejyon için farklı parametre değerlerini kullanan model yapısı da “tam model” olarak isimlendirilmektedir (Pillsbury vd., 1995). Tam model yapıları genellikle kukla değişkenler (dummy variables) kullanılarak ortaya konulmaktadır. Fakat bu çalışmada farklı bir yol izlenmiş olup tam model yapılarının ortaya konulmasında

karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Söz konusu yaklaşım literatürde oldukça yer bulan, modellemeye konu topluma ve bireye özgü parametre tahminleri sunan ve ormancılıkta elde edilen verilerin yapısı gereği ihtiva ettiği otokorelasyon problemine çözüm sunan bir teknik olması sebebiyle öne çıkmaktadır (Calama ve Montero, 2004; Ercanlı vd., 2012; Ercanlı, 2015). Ekolojik farklılıkların ortaya konulabilmesi amacıyla karışık etkili modelleme yaklaşımında ekorejyonlar modellere “subject” olarak tanıtılmıştır. Modellere ilişkin en başarılı tesadüfi etkiye sahip parametreler “random.effects” fonksiyonu yardımıyla 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek ekorejyonlar arasındaki farklılıkların test edilmesi amacıyla kullanılacak tam model yapısı elde edilmiştir (Pinheiro ve Bates, 2000; Mehtatalo, 2013). Modellerde sabit etkili parametreler 3 bölge için de aynı değerleri almaktadır. Artım modellerine ilişkin tahminlerin ekorejyonlar arasındaki farklılıklarının test edilmesinde kullanılan doğrusal olmayan ekstra kareler toplamına ilişkin test istatistiği aşağıdaki gibidir (Pillsbury vd., 1995; Neter vd., 1996):

$$F = \frac{(HKT_i - HKT_T)/(DF_i - DF_T)}{(HKT_T/DF_T)} \quad (2.7)$$

Bu eşilikte  $HKT_i$  ve  $HKT_T$  sırasıyla indirgenmiş ve tam çap artım modeline ilişkin hata kareler toplamını,  $DF_i$  ve  $DF_T$  ise sırasıyla indirgenmiş ve tam çap artım modeline ilişkin serbestlik derecelerini ifade etmektedir.

Ekolojik farklılıkları ortaya koymada F değerinin yorumlanabilmesi için F-dağılımı temel alınmış ve ekorejyonlara özgü tahminler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunması durumunda ( $p<0,05$ ) indirgenmiş modeller yerine her bir ekorejyon için farklı parametre değerlerine sahip olan tam model yapılarının kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Tek ağaç çap artım modelinin geliştirilebilmesi amacıyla sarıçam meşcerelerinden alınan örnek alanlarda seçilen ağaçlara ilişkin ( $n=2318$ ) çeşitli tek ağaç özellikleri ile örnek alanlar ( $n=292$ ) için hesaplanan meşcere özellikleri ve yarışma endekslerine ilişkin bazı istatistikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Tek ağaçlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler

	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Tek ağaç özellikleri	$Id_5$ (mm)	2,0	30,0	8,5	4,0
	$d_{1,30}$ (cm)	8,0	80,5	28,2	11,2
	$d_{5klu}$ (cm)	4,8	79,4	26,0	11,5
Meşcere özellikleri	$d_q$ (cm)	9,2	48,9	25,8	9,4
	$G$ (m <sup>2</sup> /ha)	11,6	109,5	39,3	15,3
	$T$ (yıl)	19	149	68	29
	$SD$	2,5	19,6	8,0	3,1
	$BE$ (m)	12,3	38,2	24,6	4,9
	Yarışma endeksleri	$YE_1$	0,5	2,1	1,1
$YE_2$		0,3	1,0	0,7	0,1
$YE_3$		0,2	4,2	1,2	0,5
$YE_4$		0,1	1,0	0,6	0,2
$YE_5$ (BAL)		0,0	87,9	19,2	13,9

Tek ağaç çap artım modelinin geliştirilmesinde, 5 yıllık ortalama çap artım değerleri bağımlı değişken olarak modellerde yer almış ve tek ağaç özellikleri, meşcere özellikleri ve yarışma endeksleri bağımsız değişken olarak Aşamalı Regresyon Analizi’ne tabi tutulmuştur. Tüm parametreleri istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) ve en yüksek belirtme katsayısı ile en düşük hata değerine sahip olan model en başarılı model olarak seçilmiştir. Seçilen en başarılı uzaklıktan bağımsız çap artım modeli Eşitlik 3.1’de verilmiştir:

$$Id_5 = a + b \ln T + \frac{c}{SD} d \ln d_q + \frac{e}{BE} + f \ln d_{1,30} + g BAL + h YE_1 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

$Id_5$ : örnek ağaca ilişkin son 5 yıllık ortalama çap artımını (mm)

$d_{1,30}$ : örnek ağaca ilişkin göğüs çapı (cm)

$d_q$ : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm)

$T$ : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin yaşını (yıl)

$SD$ : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin sıklık derecesini

$BE$ : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin bonitet endeksini (m)

$BAL$ : örnek ağaca ilişkin 5. yaklaşıma göre hesaplanan yarışma endeksini

$YE_1$ : örnek ağaca ilişkin 1. yaklaşıma göre hesaplanan yarışma endeksini

a, b, c, d, e, f, g ve h: model parametrelerini ifade etmektedir.

En başarılı tek ağaç çap artım modeli seçildikten sonra ekolojik farklılıkları ortaya koyabilmek ve ekorejyonlara ilişkin parametre tahminlerini yapmak üzere en başarılı olarak seçilen modele karışık etkili modelleme yaklaşımı uygulanmıştır. Bu bağlamda a, b, c, d, e, f, g ve h parametrelerine ilişkin bütün kombinasyonlar denenmiş ve çözüme ulaşan ve tüm parametreleri anlamlı olan kombinasyonlar rölatif sıralamaya tabi tutulmuştur. En başarılı tesadüfi etkili parametre (TEP) kombinasyonları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde en başarılı tesadüfi etkili parametre seçeneğinin “c” parametresi olduğu görülmektedir. Karışık etkili model yapıları Eşitlik 3.2’de ve parametre tahminleri ile başarı ölçütleri Tablo 3’te verilmiştir.

$$Id_{5c} = a + b \ln T + \frac{c + u_1}{SD} d \ln d_q + \frac{e}{BE} + f \ln d_{1,30} + g BAL + h YE_1 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte  $u_1$ : tesadüfi parametre olup diğer değişkenler yukarıda açıklanmıştır.

Çalışma alanında yayılış gösteren sarıçam için tek ağaç çap artımları bakımından ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla modellere ilişkin en başarılı tesadüfi etkiye sahip “c” parametresi “random.effects” fonksiyonu yardımıyla 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek ekorejyonlar arası farklılıkların test edilmesi amacıyla kullanılacak tam model yapısı elde edilmiştir. Diğer parametreler 3 ekorejyon için de aynı değerleri almaktadır. Tek ağaç modeline ilişkin her bir ekorejyona özgü parametre tahminleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 2  
Tek ağaç çap artım modeline ilişkin TEP kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	4563,73	4618,32	7,15	2,34	9,49	4,75
b	4564,13	4618,72	8,12	2,55	10,67	5,34
c	4561,18	4615,77	1,00	1,00	2,00	1,00
d	4563,55	4618,55	6,72	2,46	9,18	4,59
e	4564,18	4618,77	8,23	2,57	10,81	5,40
f	4563,56	4618,15	6,75	2,25	9,00	4,50
g	4565,33	4619,92	11,02	3,18	14,20	7,10
h	4562,72	4617,31	4,72	1,81	6,53	3,26
a, b	4564,40	4629,92	8,78	8,43	17,22	8,61
a, d	4564,17	4629,68	8,21	8,31	16,51	8,26
a, e	4567,66	4633,17	16,65	10,14	26,79	13,39
a, f	4561,78	4627,30	2,46	7,05	9,51	4,76
b, e	4568,12	4633,64	17,76	10,39	28,15	14,08
b, f	4562,22	4627,73	3,50	7,28	10,78	5,39
c, h	4565,18	4630,69	10,66	8,84	19,50	9,75
d, e	4567,95	4633,47	17,35	10,30	27,65	13,83
e, g	4562,90	4628,41	5,16	7,64	12,80	6,40
f, g	4561,31	4626,82	1,31	6,81	8,12	4,06
f, h	4563,41	4628,92	6,39	7,91	14,30	7,15
a, b, h	4568,36	4650,25	18,34	19,12	37,46	18,73
a, d, e	4570,14	4652,03	22,64	20,05	42,69	21,34
a, d, h	4568,19	4650,08	17,93	19,03	36,95	18,48
a, e, f	4567,77	4649,66	16,92	18,81	35,72	17,86
b, c, g	4565,95	4647,84	12,51	17,85	30,35	15,18
b, d, f	4567,73	4649,62	16,81	18,78	35,59	17,79
b, g, h	4567,23	4649,12	15,60	18,52	34,13	17,06
c, d, g	4565,87	4647,76	12,31	17,81	30,12	15,06
e, f, g	4567,21	4649,10	15,55	18,51	34,06	17,03
f, g, h	4563,39	4645,28	6,35	16,51	22,85	11,43
b, c, d, g	4573,51	4677,23	30,76	33,30	64,06	32,03
b, c, e, g	4573,94	4677,67	31,82	33,52	65,34	32,67
b, e, g, h	4574,85	4678,57	34,00	34,00	68,00	34,00
c, d, e, g	4573,83	4677,55	31,53	33,46	65,00	32,50
e, f, g, h	4570,51	4674,24	23,54	31,72	55,26	27,63

Tablo 3  
Karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin parametre değerleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	$R^2$	AIC	BIC
a	-17,2568	0,691	4561,180	4615,773
b	-1,0634			
c	1,4993			
d	18,4162			
e	-14,1553			
f	-16,1266			
g	-0,0094			
h	16,3934			
$\sigma_{u_1}^2$	0,4904			
$\sigma^2$	0,8937			



Tablo 4  
Ekorejyonlara ilişkin tek ağaç model parametreleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	-17,2568	-17,2568	-17,2568	-17,2568
b	-1,0634	-1,0634	-1,0634	-1,0634
c	1,4993	1,8973	0,8936	1,7071
d	18,4162	18,4162	18,4162	18,4162
e	-14,1553	-14,1553	-14,1553	-14,1553
f	-16,1266	-16,1266	-16,1266	-16,1266
g	-0,0094	-0,0094	-0,0094	-0,0094
h	16,3934	16,3934	16,3934	16,3934

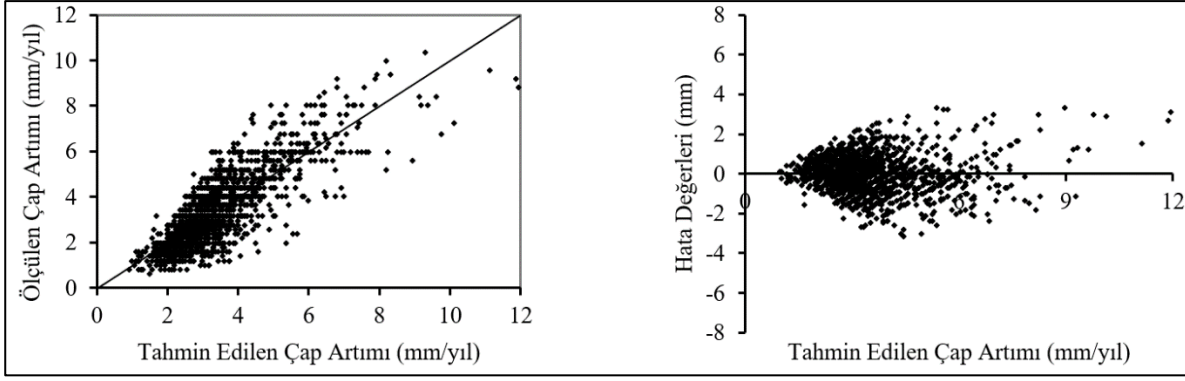
Karışık etkili tek ağaç çap artım modeli geliştirilip üç ekorejyona ait “c” parametreleri tahmin edildikten sonra, ekorejyon farklılıklarının test edilmesi amacıyla hesaplanan F değerleri Tablo 5’te verilmiştir. Çap artım modellerine ilişkin F-istatistikleri incelendiğinde ise tüm ekorejyonlar arasında anlamlı farklılığın olduğu ( $p < 0,001$ ) belirlenmiştir. Bu nedenle her bir ekorejyon için farklı parametre tahmini sunan ekorejyon tabanlı ve karışık etkili modellerin kullanılması uygun olacaktır.

Tablo 5  
Tek ağaç modeli için F-testi sonuçları

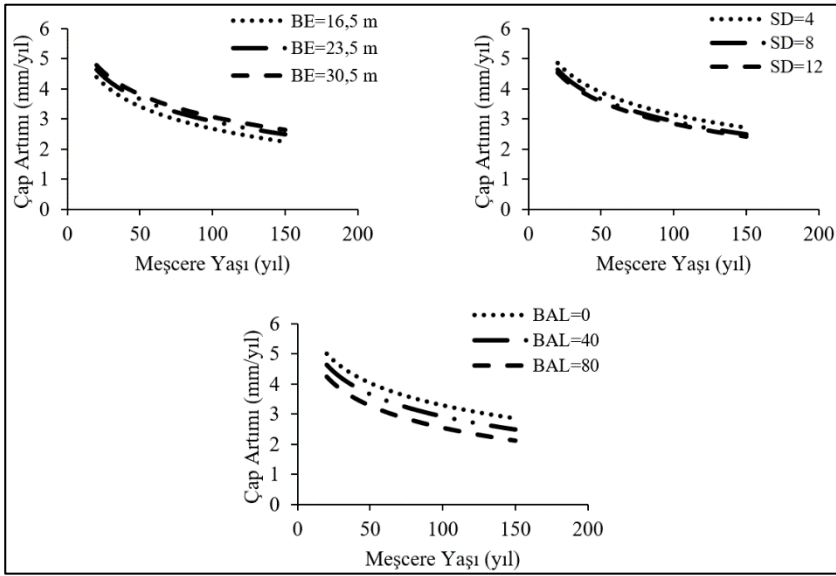
Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
Id <sub>5c</sub>	1-2-3	1450	1728	1385	1726	1736	40,971	<0,001
	1-2	634	817	621	816	825	16,324	<0,001
	1-3	1129	1317	1081	1316	1325	58,883	<0,001
	2-3	1138	1314	1067	1313	1322	86,957	<0,001

Geliştirilen karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin tahmin ve hata değerleri Şekil 2’de incelenmiştir. Tahmin edilen değerler ve ölçülen değerler ile tahmin grafikleri oluşturulurken, tahmin edilen çap artımına ilişkin değerler ve hata değerleri ile de hata grafikleri çizilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, ekolojik tabanlı ve karışık etkili modeller ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Birlikte bu modeller ile yapılan tahminlerin ölçülen değerler ile yakın değerler aldığı görülmektedir.

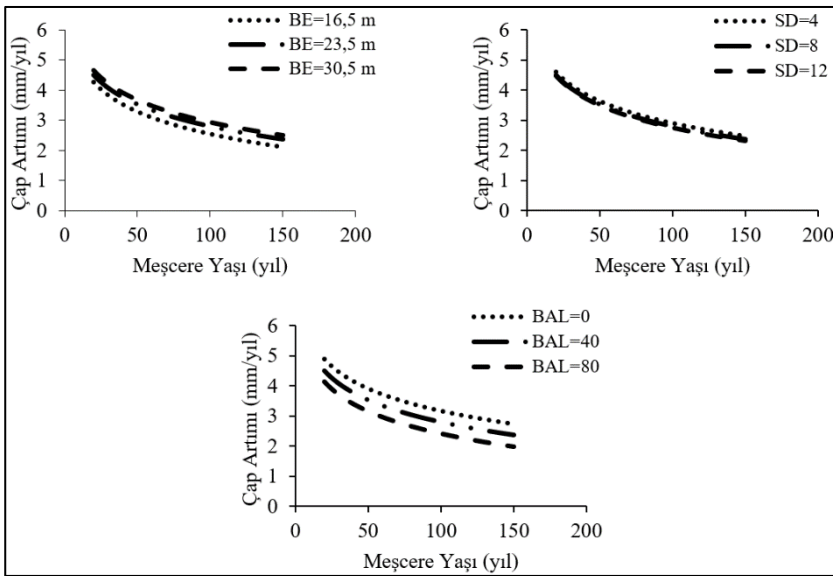
Tek ağaç çap artımlarının meşcere yaşı, bonitet endeksi, sıklık derecesi ve yarışma endeksine (BAL) göre değişim grafikleri Şekil 3, 4 ve 5’te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde çap artımının yaşa bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Benzer değişim sıklık derecesinin artışıyla da gözlenmekte olup sık meşcerelerde çap artımının az olduğu ve seyrek meşcerelerde ise çap artımının daha fazla olduğu görülmektedir. Bu değişim Ekorejyon 1 (Şekil 3) ve Ekorejyon 3’te (Şekil 5) belirgin olarak gözlenmekte iken Ekorejyon 2’de (Şekil 4) sıklık derecelerine göre çap artımlarının değişimi daha az belirgindir. Çap artımları yetişme ortamı verim gücünün artmasıyla birlikte artış göstermektedir. Yüksek bonitetlerde çap artımı fazla iken düşük bonitetlerde artım miktarı az olmaktadır. Her 3 ekorejyonda da aynı değişim ve eğilim gözlenmektedir. BAL’a göre çap artım değişimleri incelendiğinde, tüm ekorejyonlar için benzer olarak yarışma endeksinin artmasıyla çap artımlarının azaldığı, yarışma endeksinin azalmasıyla ise çap artım değerlerinin daha fazla olduğu gözlenmektedir. Grafiklerin ortaya koyduğu sonuçlar sıklık derecesinin katsayısı olan “c” parametresinin en başarılı tesadüfi etkili parametre olması ile paralellik göstermektedir. Çap artımlarının sıklık derecesine bağlı olarak değişimleri ekorejyonlar arasında daha belirgin farklılıklar göstermekte iken, bonitet endeksi ve yarışma endeksine bağlı olarak çap artımlarındaki farklılıklar daha az belirgindir.



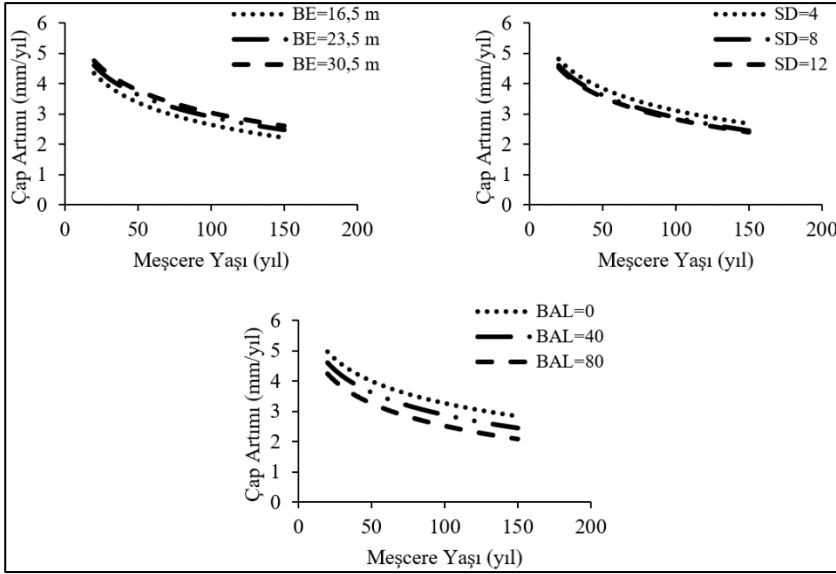
Şekil 2. Tek ağaç modeline ilişkin tahmin ve hata grafikleri



Şekil 3. Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 1)



Şekil 4. Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 2)



Şekil 5. Tek ağaçlarda çap artımının *BE*, *SD* ve *BAL*'a göre değişimi (Ekorejyon 3)

Grafiksel incelemeler sonucunda model tahminleri ile modelde yer alan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerde biyolojik kanuniyetler bakımından uyumlu sonuçlar mevcuttur. Bu ilişkilerin düzeyi ekorejyonlar arasında farklılık gösterebilmektedir. Bonitet endeksi ve yarışma endeksine göre ekorejyonlar arasındaki çap artımının değişimi (grafiklerdeki eğrilerin trendi) nispeten daha az olmakla birlikte sıklık derecelerine göre bu değişimin daha fazla olduğu görülmektedir. Şöyle ki, yukarıda da bahsedildiği üzere Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'e ilişkin sıklık derecelerinin çap artımını etkileme oranı birbirine yakın ve aynı trendi gösteriyor iken Ekorejyon 2'de sıklık derecelerinin çap artımını daha az etkilediği görülmektedir. Ekorejyonların iklim, topografya ve çeşitli ekolojik faktörler bakımından farklı yapıdaki meşçereler ihtiva etmesi, bu meşçerelerde yer alan ağaçların ortamı kullanma derecelerinin farklılık göstermesi ve bunun sonucunda meşçerelerdeki ağaçların çap artımlarının farklılık göstermesine neden olabilmektedir. Atalay (2014) tarafından da ifade edildiği üzere Ekorejyon 1'de yükseklik 0 ile 1000 m arasında değişmekte ve vejetasyon süresi daha uzun sürmekte iken (200 gün), diğer ekorejyonlarda yükseklik 1000 m üzerinde olmakta ve vejetasyon süresi de 120 günün altına düşmektedir. Fizyografik, edafik ve klimatik özelliklerdeki bu farklılıklar ekorejyonlar arasında çap artımları bakımından farklılıkların oluşmasına sebep olmaktadır. Söz konusu farklılıklar ölçülemeyen ve modellere dahil edilemeyen çeşitli değişkenlerin etkisi altında da gerçekleşebilmektedir.

Grafiksel ve istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ekolojik farklılıkları modele dahil eden karışık etkili tek ağaç modelinin başarılı olduğu ortaya konulmuştur. Başarılı tahminler sunan modele ilişkin model kontrolünü sağlamak üzere bağımsız veri grubunda çap artım tahminleri yapılmıştır. Modele ilişkin tahmin değerleri ile arazide ölçülen çap artım değerleri arasında anlamlı farklılık olup olmadığı Student'in Eşleştirilmiş t-testi kullanılarak test edilmiş ve farksız oldukları sonucu elde edilmiştir ( $p > 0,05$ ). Değerlendirmeler sonucunda başarılı bulunan ekolojik tabanlı ve karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin model yapıları Ekorejyon 1, 2 ve 3 için sırasıyla Eşitlik 3.3, Eşitlik 3.4 ve Eşitlik 3.5'te verilmiştir.

Ekorejyon 1 için:

$$Id_{5c} = -17,2568 - 1,0634 \ln T + \frac{1,897309}{SD} + 18,4162 \ln d_q + \frac{-14,1553}{BE} - 16,1266 \ln d_{1,30} - 0,0094 BAL + 16,3934 YE_1 \quad (3.3)$$

**Ekorejyon 2 için;**

$$Id_5c = -17,2568 - 1,0634 \ln T + \frac{0,8936}{SD} + 18,4162 \ln d_q + \frac{-14,1553}{BE} - 16,1266 \ln d_{1,30} - 0,0094 BAL + 16,3934 YE_1 \quad (3.4)$$

**Ekorejyon 3 için;**

$$Id_5c = -17,2568 - 1,0634 \ln T + \frac{1,7071}{SD} + 18,4162 \ln d_q + \frac{-14,1553}{BE} - 16,1266 \ln d_{1,30} - 0,0094 BAL + 16,3934 YE_1 \quad (3.5)$$

**4. Sonuç ve Öneriler**

Çalışma kapsamında 292 örnek alandan alınan 2318 örnek ağaç verisine dayanarak uzaklıktan bağımsız tek ağaç modeli geliştirilmiştir. Daha anlamlı sonuçlar vermesinden dolayı 5 yıllık ortalama çap artım değerleri bağımlı değişken olarak ve örnek ağaca ilişkin göğüs çapı, meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapı, meşcere yaşı, sıklık derecesi, bonitet endeksi, *BAL* ve *YE<sub>1</sub>* yarışma endeksleri bağımsız değişkenler olarak modelde yer almışlardır. Modele ilişkin başarı ölçütleri  $R^2=0,629$  ve  $AIC=-140,015$  şeklindedir. Ekolojik farklılıkları ortaya koyabilmek ve ekorejyonlara ilişkin parametre tahminlerini yapmak üzere tek ağaç çap artım modeline karışık etkili modelleme yaklaşımı uygulanmıştır. En başarılı tesadüfi etkiye sahip “c” parametresi ( $AIC=4561,18$  ve  $BIC=4615,77$ ) 3 farklı ekorejyon için tahmin edilmiş ve her üç ekorejyon için farklı parametre değerlerine sahip modeller ve indirgenmiş modellere F-testi uygulanmıştır. F-istatistiklerine göre tüm ekorejyonlar arasında anlamlı farklılığın olduğu ( $p<0,001$ ) ve her bir ekorejyon için farklı parametre tahmini sunan ekorejyon tabanlı ve karışık etkili modellerin kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca geliştirilen karışık etkili ve ekolojik tabanlı modele ilişkin  $R^2$  değeri 0,691’e yükselmiştir. Ekolojik tabanlı ve karışık etkili modeller ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olmadığı görülmüştür. Yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Modele ilişkin tahmin değerleri ile arazide ölçülen çap artım değerleri arasında anlamlı farklılık olup olmadığı test edilmiş ve sonuç olarak farksız ( $p>0,05$ ) oldukları görülmüştür.

Çalışma sonucunda elde edilen büyüme modelleri özellikle yaşlı meşcerelerde daha dikkatli kullanılmalıdır. Çünkü çalışma kapsamında incelenen meşcerelerin yaş dağılımları dikkate alındığında hata miktarı yaşlı ve çok genç meşcerelerde yüksek olmaktadır. Modellerin tahmin yeteneği örnek alanların alındığı meşcere yaşı aralığında (20-150) daha güvenilirdir.

**Bilgilendirme**

Bu çalışma; Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Fadime SAĞLAM tarafından Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI danışmanlığında hazırlanmış olan doktora tezinden üretilmiştir.

**Teşekkür**

Bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’nün KÜ-BAP01/2019-41 Nolu projesi kapsamında desteklenmiştir.

**Kaynaklar**

- Akalp, T. (1978). *Türkiye’deki Doğu Ladini (Picea orientalis Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Asan, Ü. (1999). *Ormancılık Bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Atalay, İ. (2012). *Sarıçam (Pinus sylvestris L. var. sylvestris) Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Nakli*

- Açısından Bölgelere Ayrılması*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık.
- Bolat, F. (2021). Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Artım ve Büyümenin Yapay Sınır Ağları İle Modellenmesi. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Burkhardt, H. E., & Tomé, M. (2012). *Modeling Forest Trees and Stands*. Dordrecht: Springer.
- Calama, R., & Montero, G. (2004). Interregional nonlinear height diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(1), 150-163.
- Carus, S. (2005). A diameter increment model for Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Isparta region, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26(3), 467.
- Carus, S., & Çiçek, E. (2007). Adapazarı-Süleymaniye dişbudak plantasyonlarında (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) tek ağaçlar için bir çap artım modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(1), 34-48.
- Carus, S., & Gülden, Y. (2014). Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında tek ağaçlarda çap artımının modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 102-107.
- Cieszewski, C. J., & Strub, M. (2008). Generalized algebraic difference approach derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from exponential and logarithmic functions. *Forest Science*, 54, 303-315.
- Curtis, R.O. (1970). Stand density measures: An interpretation. *Forest Science*, 16(4), 403-414.
- Curtis, R. O., Clendenan, G., & DeMars, D. J. (1981). A new stand simulator for coast douglas-fir: DFSIM users guide. Portland: USDA Forest Service General Technical Report, PNW-128.
- Çatal, Y. (2009). Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Çatal, Y., Carus, S., Özçelik, R., & Alkan, O. (2014). Tek ağaçta çap artımı üzerinde artımın ölçüldüğü periyot süresi ve meşcere sıklığının etkisinin incelenmesi (Ağlasun kızılçam ağaçlandırmaları örneği). II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 170-178, Isparta.
- Eler, Ü. (2001). *Orman Amenajmanı*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:17.
- Eler, Ü. (2013). *Dendrometri*. (Gözden Geçirilmiş, İkinci Baskı). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 30.
- Eler, Ü., & Carus, S. (2006). *Orman Hasılat Bilgisi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:66.
- Eraslan, İ. (1982). *Orman Amenajmanı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No:318.
- Ercanlı, İ. (2010). Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri Sınırları İçerisinde Yer Alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ercanlı, İ., Kahrıman, A., & Yavuz, H. (2012). Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için karışık etkili doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile Doğu ladini çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 75-84.
- Ercanlı, İ. (2015). Nonlinear mixed effect models for predicting relationships between total height and diameter of oriental beech trees in Kestel, Turkey. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1),185-202.
- Ford, E.D., & Sorrensen, K.A. (1992). *Theory and Models of Inter-Plant Competition as a Spatial Process*. Pages 363-407 in D. DeAngelis and L. Gross, editors. Individual based models and approaches in ecology. New York, USA: Chapman and Hall.
- Gadow, K. V., & Hui, G. (1999). *Modeling Forest Development*. Dordrecht: Springer.
- Günel, A. (1981). *Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi (Basılmamıştır).

- Huang, S. (1994). Ecologically based individual tree volume estimation for major alberta tree species. Edmonton, AB: AB Sustainable Resource Development Public Lands and Forests Division.
- Huang, S., Price, D., & Titus, S. J. (2000). Development of ecoregion-based height diameter models for white spruce in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 129(1-3), 125-141.
- Huang, S., & Titus, S. J. (1995). An individual tree diameter increment model for White spruce in Alberta. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(9), 1455-1465.
- IBM SPSS 20, (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, version 20.0. IBM Corporation.
- Kahrıman, A. (2011). Karadeniz Bölgesi Sınırları İçerisinde Yer Alan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) - Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kahrıman, A., & Yavuz, H. (2012). Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinde çeşitli yarışma endekslerinin tek ağaçların çap artımındaki etkilerinin incelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 235-249.
- Kalıpsız, A. (1998). *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kapucu, F. (2004). *Orman Amenajmanı*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Klos, R. J., Wang, G. G., Dang, Q. L., & East, E. W. (2007). Taper equations for five major commercial tree species in Manitoba, Canada. *Western Journal of Applied Forestry*, 22(3), 163-170.
- Köse, S., Yavuz, H., Mısır, M., & Mısır, N. (2001). KTÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı ladin meşcerelerinin hasılat esasları sonuç raporu. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Araştırma Fon Başkanlığı.
- Mehtätalo, L. (2013). *Forest Biometrics with Examples in R*. University of Eastern Finland School of Computing.
- Mısır, N. (2003). Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.
- Mısır, N., & Yavuz, H. (2013). Ülkemizdeki hasılat tablolarının bilimsel ve uygulama açısından irdelenmesi. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, 637-645, Antalya.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. (1996). *Applied Linear Statistical Models*. Chicago: Irwin.
- OGM (2021). *Türkiye Orman Varlığı, 2020*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Özçelik, R., Karatepe, Y., Gürlevik, N., Cañellas, I., & Crecente-Campo, F. (2016). Development of ecoregion-based merchantable volume systems for *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* Arnold. in southern Turkey. *Journal of Forestry Research*, 27(1), 101-117.
- Özdemir, E. (2005). Tek Ağaçta Artım ve Büyümenin Simulasyonu (Sahilçamı Örneği). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdemir, E. (2011). Karışık Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu (Büyükdüz Örneği). Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdemir, E. (2021). Individual tree basal area increment model for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in coppice originated stands. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 357.
- Pillsbury, N. H., McDonald, P. M., & Simon, V. (1995). Reliability of tanoak volume equations when applied to different areas. *Western Journal of Applied Forestry*, 10(2), 72-78.
- Pinheiro, J. C., & Bates, D. M. (2000). *Mixed-Effects Models in S and S-Plus*. New York: Springer Verlag.
- Pretzsch, H. (2009). *Forest Dynamics, Growth, and Yield*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- R Core Team, (2021). R version 4.0.5 (2021-03-31). The R Foundation for Statistical Computing Platform.
- Sağlam, F. (2021). Kastamonu ve Sinop Yöresi Doğal Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri için Ekolojik Tabanlı Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Seki, M. (2020). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) Meşcerelerine İlişkin Ekolojik Tabanlı Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri



Enstitüsü.

- Seki, M., & Sakıcı, O.E. (2022). Ecoregion-based height-diameter models for Crimean pine. *Journal of Forest Research*, 27(1), 36-44.
- Vanclay, J. K. (1994). *Modeling Forest Growth and Yield*. Applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International.
- Weiskittel, A. R., Hann, D. W., Kershaw Jr, J. A., & Vanclay, J. K. (2011). *Forest Growth and Yield Modeling*. Chishester: Wiley-Blackwell.
- Xu, W. (2004). Developing Ecoregion-Based Height-Diameter Models and ReferenceAge Invariant Polymorphic Height and Site Index Curves for Black Spruce and Jack Pine in Manitoba. Master of Science Thesis, University of Manitoba.
- Yavuz, H. (1997). Yarışma endeksleri ve büyüme modellerinde kullanılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, 47-54, Trabzon.
- Yavuz, H., Mısır, N., Tüfekçioğlu, A., Mısır, M., Altun, L., Ercanlı, İ., Sakıcı, O.E., Kahrıman, A., Karahalil, U., Yılmaz, M., Sarıyıldız, T., Küçük, M., Bayburtlu, Ş., Bilgili, F., Meydan, G., Kara, Ö., & Bolat, İ. (2010). Karadeniz bölgesi saf ve karışık sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için mekanistik büyüme modellerinin geliştirilmesi, biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi. Ankara: TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: 106O274.

# An Alternative Way of Measuring Tensile Characteristics of Handsheets

Merve ENGİN<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, İzmir, Turkey

## Article History

Received: 30.12.2021

Accepted: 10.03.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article



**Abstract** – In this work, the laboratory-made handsheets having different grammages were obtained at certain production conditions. The tensile characteristics of the laboratory-made handsheets were analysed by using two measuring techniques. The main method for determining tensile behaviour was performed on the universal testing machine, which is a generally accepted conventional testing machine. A rheometer device was used as a second and alternative method for measuring the tensile properties of handsheets. The given data were investigated and compared with the data of conventional tensile tester. Linear least square regression was applied to analyse the association of the data from the Instron 5564 Universal Testing Machine and Hybrid Rheometer Discovery HR-2 Machine with examined tensile characteristics depending on the various grammage range. The experiments on the handsheets having different grammage groups showed that the methods give results in reasonable agreement. These results showed that there are acceptable differences in the tensile index and elastic modulus values of the samples as a function of their basis grammages.

**Keywords** – Handsheets, tensile characteristics, tensile index, rheometer, universal testing machine

## Laboratuvar Yapımı Kağıtların Çekme Özelliklerini Ölçmenin Alternatif Bir Yolu

<sup>1</sup> İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

## Makale Tarihi

Gönderim: 30.12.2021

Kabul: 10.03.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi

**Öz** – Bu çalışmada, belirli üretim koşullarında farklı gramajlara sahip laboratuvar yapımı el yaprakları elde edilmiştir. Laboratuvarda üretilen el yapraklarının çekme özellikleri iki ölçüm tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Çekme davranışını belirlemek için ana yöntem, genel olarak kabul edilen geleneksel bir test makinesi olan evrensel test makinesinde gerçekleştirildi. El yapraklarının çekme özelliklerini ölçmek için ikinci ve alternatif bir yöntem olarak bir reometre cihazı kullanıldı. Reometre cihazından alınan veriler incelendi ve geleneksel çekme test cihazı verileriyle karşılaştırıldı. Instron 5564 Universal Test Cihazı ve Hibrit Discovery HR-2 Reometre Cihazından alınan verilerin çeşitli gramaj aralığına bağlı olarak incelenen çekme özellikleriyle ilişkisini analiz etmek için doğrusal en küçük kareler regresyonu uygulandı. Farklı gramaj gruplarına sahip kağıtlar üzerinde yapılan deneyler, yöntemlerin makul bir uyum içinde sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, numunelerin temel gramajlarının bir fonksiyonu olarak çekme indeksi ve elastik modül değerlerinde kabul edilebilir farklılıklar olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Laboratuvar yapımı kağıtlar, çekme özellikleri, çekme indeksi, reometre, universal test cihazı

<sup>1</sup>  merve.engin.demirok@ikc.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## **1. Introduction**

Testing of raw materials, finished products and intermediates in manufacturing processes is a common feature of all industrial processes. While a product is being manufactured, or after manufactured is qualified with several forms of testing. Efficient and relevant testing becomes more important as industrial processes become more sophisticated and tolerances for fluctuations in product characteristics become more stringent. All test methods attempt to numerically describe a particular relevant characteristic or characteristic of a product (Gullichsen et al. 1999). These tests measure parameters that correlate well with the properties of the product in question. It is important to evaluate the results of paper tests to determine the suitability of the paper material for the area of application and to check whether it meets the expected product requirements (Mark 2002).

Determining the strength of a paper is an intensive research topic in paper physics. The strength changes of paper property were examined by the studies of Page (Page 1969) and Seth (Seth 1995). Tensile testing has become a fundamental strength test for understanding the structural dynamics of paper materials. The tensile test is used to find out how strong a material is and also, how much it can be stretched before it breaks. In the literature, different attempts have been made to describe the behaviour of paper under stress using experimental, semi-empirical and computer modelling methods (Cox 1952; Page 1969; Seth 1995; Van den Akker 1962; Perkins and Mark, 1976; Nilsen et al. 1998; Heyden 2000; Miettinen et al. 2007). Also, the influence of paper grammage on its tensile strength has been investigated by many researchers (Burgess 1970; Mohlin 1992; Retulainen and Nieminen 1996; Winters et al. 2002; Gülsoy et al. 2016; Gülsoy and Şimsir 2017)

The purpose of this study is to show that the rheometer device is an alternative measurement technique that can be safely used in the absence of access to a universal testing machine for the tensile testing of paper materials. Evaluation of the results of tests performed on both devices using the same group of samples proves the applicability and reliability of the force-elongation curve obtained with a rheometer to determine the tensile properties of the paper material.

In this work, the load and extension curves of handsheets made in laboratory conditions were measured with a Universal tensile tester device and a rheometer device. Essentially, a laboratory rheometer can be used to measure how a liquid and suspension flows in response to an applied force. It cannot be determined from a single viscosity value, so it is used for liquids that need to set and measure more parameters than is the case with a viscometer. The goal is to measure the paper material with a rheometer device and compare the obtained data with the data from a Universal test device. Hence, the question of whether the rheometer device could be used as an alternative device in paper material tensile testing was the subject of this work.

## **2. Materials and Methods**

### **2.1. Raw Material and Pulp Evaluation**

Spruce softwood bleached kraft pulp was used in papermaking. The bleached pulp was initially soaked in 5 liters of distilled water for at least 4 hours to prepare it for beating. The beating time was applied for 200 minutes using a Valley Beater following ISO 5264-1:2019. Before making laboratory-made handsheets, the pulp was fractionated using a Somerville fractionator (Tappi T 275 - 2018) equipped with an 80 mesh screen. This procedure was used to control the length of the fibres and to exclude fine particles from the pulp furnish. Before and after the fractionation steps, the drainage resistance of the selected pulp and the amount of water retained in the wet pulp mass was characterized by Schopper-Riegler values according to ISO 52671: 2021 and water retention values according to Tappi UM 256 (2015). The morphological characteristics of the above-mentioned cellulose fibers without fine particles were determined with a Metso FS5 fiber analyzer.

## 2.2. Handsheet Making Process

The principles of TAPPI T 205 (2018) were applied in the formation procedure. The handsheets were formed with predetermined grammages, namely 10, 20, 30, 40, 50 g m<sup>-2</sup>. The required amount of pulp for the target grammages was calculated precisely and determined systematically in accordance with another related work (Engin 2017). After the forming procedure, a laboratory type hydraulic press was operated and the pressure was gradually increased for formed handsheets webs according to the standards. The pressed handsheets were dried at room conditions (22° C~ and 65% relative humidity) for 48 hours.

## 2.3. Physical Testing of Handsheets

The samples were conditioned according to the ISO 187:1990 standard before the physical and mechanical tests. An electronic micrometer was used to determine the sample thickness according to the ISO 534: 2011 standard. Five layers of laboratory-made handsheet samples were stacked and the measurements at various points were statistically evaluated. These thickness measurements were determined in terms of a micron (µm). Each handsheet was produced as having a 200 cm<sup>2</sup> surface area. The grammages of the handsheets were given as the unit of g•m<sup>-2</sup> and these were determined regarding the ISO 536:2012 standard with a balance sensitive to 0.001 g. When determining the physical properties of the handsheets, the grammage groups of the specimens were examined separately and evaluated in this way. The density of handsheets was specified as the units of g•cm<sup>-3</sup> and these were calculated as in conformity with the Standard ISO 534:2017.

## 2.4. Mechanical Testing of Handsheets

Mechanical testing was performed on two different devices; Hybrid Rheometer Discovery HR-2 Machine and an Instron 5564 Universal Testing Machine (Figure 1). Sample sizes were prepared in two different sizes. These were defined as 15 cm x 1.5 cm for the Universal device and 4 cm x 0.4 cm for the rheometer device, respectively.



Figure 1. The devices used for tensile testing; a) the Instron 5564 Universal Testing Machine and b) the Hybrid Rheometer Discovery HR-2 Machine.

The ISO 19242: 2018 standard was taken into account in the calculation of the tensile index value. In addition, each sample was weighed individually to calculate confidence intervals for all samples (T Anson and Sampson, 2007). The elastic modulus was estimated from the slope of the steepest part of the load-extension curves.

The tensile strength, the tensile index (specific tensile strength), the elastic modulus and the specific elastic modulus of specimens were calculated by the following Equations (2.1-2.5), where TS is tensile strength (N

$m^{-1}$ ),  $F$  is breaking load (N),  $wsp$  is specimen width (m),  $T$  is the tensile index ( $N m g^{-1}$ ),  $\beta_{sp}$  is specimen grammage ( $g m^{-2}$ ),  $SMax$  is the maximum slope of the curve ( $Nm^{-1}$ ),  $\Delta F$  is the force increment (N),  $\Delta \epsilon$  is the elongation increment (m),  $E$  is the elastic modulus of paper ( $N m^{-1}$ ),  $lsp$  is specimen width (m) and  $Es$  is the specific elastic modulus of paper ( $Nm g^{-1}$ ).

$$TS = \frac{F}{wsp} \quad (2.1)$$

$$T = \frac{TS}{\beta_{sp}} \quad (2.2)$$

$$SMax = \left( \frac{\Delta F}{\Delta \epsilon} \right) Max \quad (2.3)$$

$$E = \frac{SMax * lsp}{wsp} \quad (2.4)$$

$$Es = \frac{E}{\beta_{sp}} \quad (2.5)$$

The Least-squares regression was used to analyze tensile index data from two measures where the sequential grammages of handsheets were consistently correlated.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Fiber and Pulp Characteristics

The information of the quantity of retained water within the beaten and fractionated fines-free pulps and their water retention values are given in Table 1.

Table 1

The values of Schopper-Riegler ( $^{\circ}SR$ ) and water retention (WRV) for Whole pulp(WP) and fines-free (FF) pulp

Beating Time (min)	$^{\circ}SR$		WRV (g/g)	
	Whole Pulp	Fines-free Pulp	Whole Pulp	Fines-free Pulp
200	54	17	3.43	3.15

The changes in the values of Schopper-Riegler ( $^{\circ}SR$ ) and water retention value (WRV) of pulps have been seen by the fractionation of the beaten pulp. These differences have been occurred due to the existence of fine fibres (Ferreira et al. 2000; Hubbe and Heitmann, 2007; Guo et al. 2009; Winter et al. 2021) and their tendency of water absorption. The morphological characteristics of the pulp used to make the sheets are shown in Table 2.

Table 2

The morphological parameters of fines-free pulp

Beating Time (min)	Fiber Length, $\lambda$ (mm)	Fiber Width, $\omega$ ( $\mu m$ )	Fiber Coarseness, $\delta$ (mg/m)
200	2.39	21.6	0.153

Fiber length is considered an important variable among fiber parameters. The effect of fibre length has been discussed previously (Clark, 1962; Page, 1969; Wangaard and Woodson, 1972; Seth, 1995; Nordström, 2014). It is known that the increase in fiber length positively affects the tensile strength of the paper (Page 1969; Nordström 2006; Nordström 2014). The variation in the fibre length affects paper formation, fibre-fibre bonding mechanisms and consequently the strength efficiency between fibres (Nordström 2006). For this reason, the length-frequency distribution of fibres was taken into account. In this experimental work, meticulously fractionated fibres were used as pulp furnish. The length-frequency distribution of utilized fibre furnish is presented in Figure 2. The average fibre length was measured around 2.4 mm. The frequency distribution of fibres having 2.5 mm length is more distinct as seen in Figure 2.

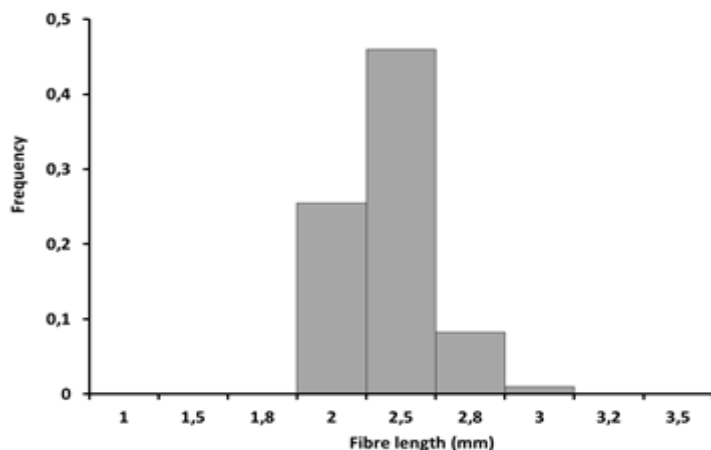


Figure 2 The fibre length frequencies for the fines-free pulp

### 3.2. Handsheet Characteristics

The paper density value of a paper determines its structure and hence its mechanical characteristics (Ingmanson and Thode, 1959). In Figure 3, the density values of handsheets are shown according to considered grammages.

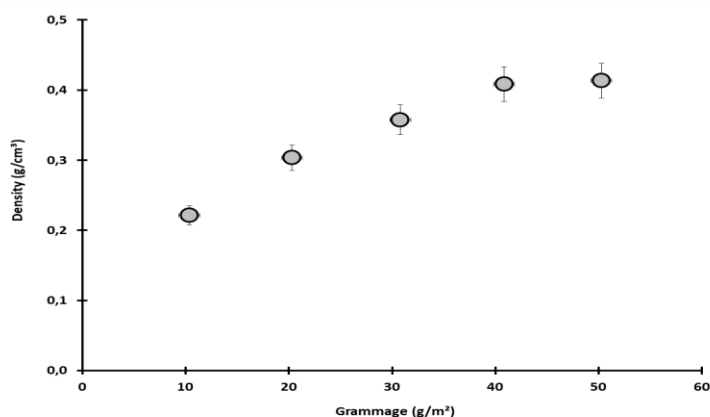


Figure 3 Density values of laboratory-made handsheets

The increase in the paper grammage has been caused that the paper density values for given handsheets have increased. This is because the increase in paper size and thickness is not a constant ratio. The paper is a porous material. During the paper forming section, the fibres settle down in the available spaces in the fibre network and its surface layers. The thickness of a paper shows a nonlinear increase as the grammage of paper (Bloch et al. 2019). Concordantly, the fundamental characteristics of a paper such as structural and mechanical properties are affected due to this change in density values (Ingmanson and Thode, 1959; I'Anson et al. 2008).

The measurement of tensile strength is expressed with the loading of a strip of a paper specimen in an axial direction until it breaks. The tensile testing machine displays load and tensile data. It also includes an omittable initial stage. At the start of a tensile test, as the jaws separate, slack in the specimen is arranged and aligned vertically before the load cell re-applies a significant load. The load and strain curves for all analyzes have been normalized and thus zero load and strain points have been determined (in Figures 4 and 5) at a load of 0.01 Fmax.

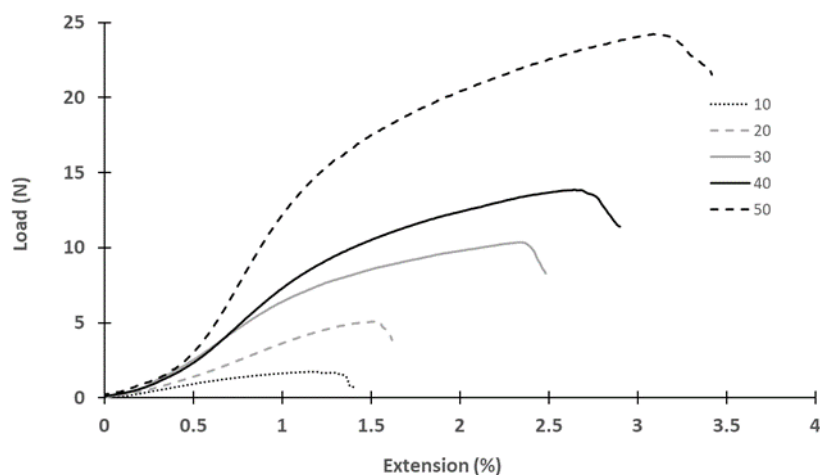


Figure 4 Load and extension curves plotted from the data of the Instron 5564 Universal Testing Machine

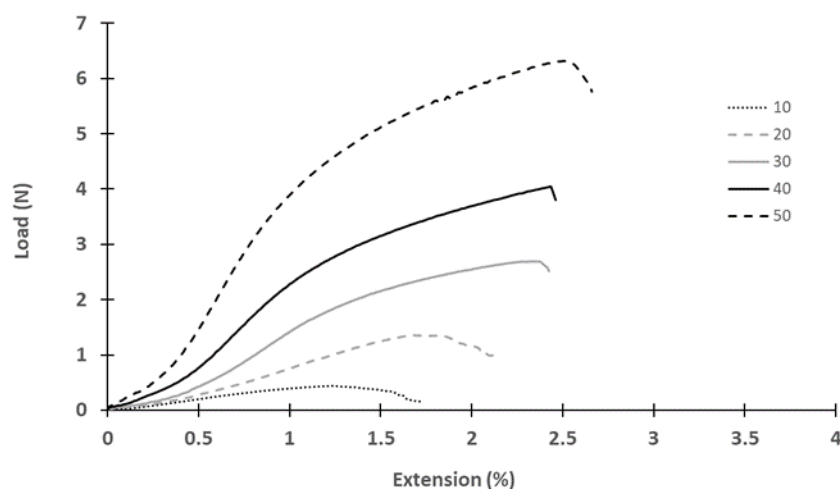


Figure 5 Load and extension curves plotted from the data of the Hybrid Rheometer Discovery HR-2 Machine

The calculated tensile index and specific elastic modulus values of the handsheets are plotted as bar charts in Figures 6 and 7. The tensile index and specific elastic modulus values are influenced by the interactions of fibres in the paper network. This issue is closely related to stress-transfer efficiency among fibres, as explained previously (T'Anson and Sampson, 2007). The findings in Figures 6 and 7 can mainly have been characterised the mechanical behaviour of paper and also exhibit a dependence on grammage, they increase with grammage. In this experimental work, the increasing tendency of tensile data is seen as a continuous logarithmic function, but indeed this increasing tendency is limited (T'Anson and Sampson, 2007). Similarly, other previous studies have shown that tensile strength values are affected by tests performed on different grammages and paper types (Retulainen and Nieminen 1996; Winters et al. 2002; Gülsoy et al. 2016; Gülsoy and Şimsir. 2017). However,



rather than understanding the overall trend of tensile characteristics of paper, this study has been performed only on limited grammage groups to confirm the coherence of the two measurement methods.



Figure 6 Comparison of tensile index values of paper groups obtained from two measurement ways

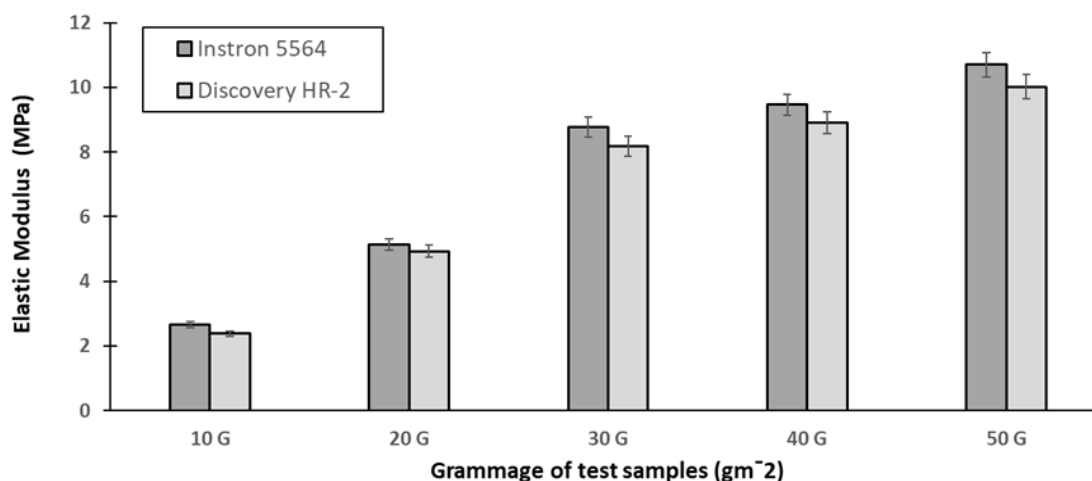


Figure 7 Comparison of elastic modulus values of papers in given different grammages obtained from two measurement ways

Figures 6 and 7 show that the obvious differences in the bar charts are primarily due to the differences in grammages of the handsheets. In Figures 6 and 7, the error bars have been given to the standard deviation of measurements of individual handsheets at given grammages according to the defined measurement methods. The total number of fibres bonded in the thickness direction of the handsheet influences the force distribution behaviour within the network. As the number of bonded fibres increases, the layer structure becomes clearer and the tensile stress can be better transferred among fibre layers. The same Figures (Figure 6 and 7) have been also demonstrated that the differences in the values of the tensile index and elastic modulus are minimal for a given grammage of handsheets with two measurement techniques.

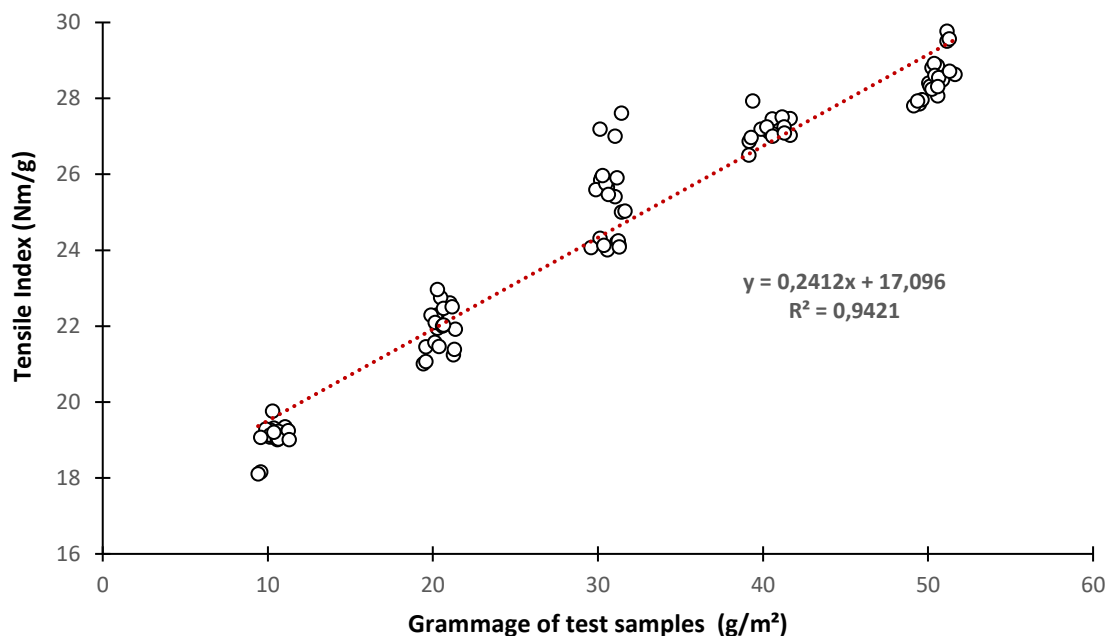


Figure 8 Applied least squares regression analysis for two measurement methods

The least-squares regression method has been employed for the analysis of the data of two measurement methods in which successive grammages are serially correlated (in Figure 8). The data has been collected from the Instron 5564 Universal Testing Machine and Hybrid Rheometer Discovery HR-2 Machine as previously explained.

Results are shown for a range of tensile indices of several handsheets at a given grammage. These indicated that a good agreement has been achieved between measurements using two different devices. The gradient is 0.24 which is the coefficient of a linear regression of the data of tensile index and grammage. A large positive linear association has been seen accordingly in the equation in Figure 8. The  $R^2$  is found as the 0.94 this means that the points are close to the linear trend line.

#### 4. Conclusions

Paper specimens with a given grammage value were evaluated among themselves. It has been found that the tensile index and modulus values obtained by the measurements from the Rheometer Discovery HR-2 and the Tensile Instron 5564 device were very close to each other. The mean and standard deviation of the measured specimens have also been supportive of these results. The tensile characteristics of handsheets have been different due to the change in their grammages and thus their density. However, it has been confirmed that both tensile tester and rheometer are required sensitive machines for data acquisition. These particular measurement techniques can be accepted as appropriate for the measurements of tensile behaviours of all grammage groups.

#### References

- Bloch, J. F., Engin, M. and Sampson, W. W. (2019). Grammage dependence of paper thickness. *Appita Journal*, 72(1), 30-40.
- Burgess, W. H. (1970). Effect of basis weight on tensile strength. *Tappi*, 53(9), 1680.
- Clark, J. (1962). Effects of fiber coarseness and length, I. Bulk, burst, tears, fold and Tensile tests. *Tappi Journal*, 45, 628-634.
- Cox, H. L. (1952). The elasticity and strength of paper and other fibrous materials. *British Journal of Applied Physics*, 3(3), 72.

- Engin, M. (2017). An investigation into the tensile behaviour of self-bonded cellulosic fibre networks, PhD thesis, School of Materials, Faculty of Science and Engineering, The University of Manchester.
- Ferreira, P. J., Martins, A. A. and Figueiredo, M. M. (2000). Primary and secondary fines from Eucalyptus globulus kraft pulps. Characterization and influence. *Paperi Ja Puu-Paper & Timber*, (6), 403-408.
- Gullichsen, J., Paulapuro, H., Levlin, J. E. and Abbott, J. C. (1999). Pulp and paper Testing. Fapet Oy.
- Guo, S., Zhan, H., Zhang, C., Fu, S., Heijnesson-Hultén, A., Basta, J. and Greschik, T. (2009). Pulp and fiber characterization of wheat straw and eucalyptus pulps - A. *BioResources*, 4(3), 1006-1016.
- Gülsoy, S., Hürfikir, Z. and Turgut, B. (2016). Effects of decreasing grammage on the handsheet properties of unbeaten and beaten kraft pulps. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1), 56-60.
- Gülsoy, S. K. and Simsir, S. (2017). The effect of hand sheet grammage on strength properties of test liner papers. *J Bartın Fac Forest*, 19, 117-22.
- Heyden, S. (2000). Network modelling for the evaluation of mechanical properties of cellulose fluff, PhD thesis, Lund University.
- Hubbe, M. A. and Heitmann, J. A. (2007). Review of factors affecting the release of water from cellulosic fibers during paper manufacture. *BioResources*, 2(3), 500-533.
- I'Anson, S. J. and Sampson, W. W. (2007). Competing Weibull and stress-transfer influences on the specific tensile strength of a bonded fibrous network. *Compos. Sci. Tech.*, 67(7):1650-1658.
- I'Anson, S. J., Sampson, W. W. and Savani, S. (2008). Density dependent influence of grammage on tensile properties of handsheets. *Journal of Pulp and Paper Science*, 34(3), 182-199.
- Ingmanson, W. L. and Thode, E. F. (1959). Factors contributing to the strength of a sheet of paper. II. Relative bonded area. *Tappi*, 42(1), 83-93.
- Mark, R. E., Borch, J. and Habeger, C. (Eds.). (2002). Handbook of physical testing of paper (Vol. 1). Crc Press.
- Miettinen, P. P. J., Ketoja, J. A. and Klingenberg, D. J. (2007). Simulated strength of wet fibre networks. *Journal of Pulp and Paper Science*, 33(4), 199-205.
- Mohlin, U. B. (1992). Influence of grammage on sheet strength properties. In Paper Physics Seminar Proceedings, Otaniemi (pp. 1-12).
- Nilsen, N., Zabihian, M. and Niskanen, K. (1998). KCL-PAKKA: a tool for simulating paper properties. Tappi journal.--(USA).
- Nordström, B. (2014). Effects of fiber dimensions on compression strength of handsheets. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 29(4), 711-716.
- Nordström, B. (2006). Twin-wire roll forming of mechanical base paper from three furnishes—effects on formation and mechanical properties. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 21(3), 349-358.
- Page, D. H. (1969). A theory for the tensile strength of paper. *Tappi*, 52, 674-681.
- Perkins R.W. and Mark R.E. (1976). On the structural theory of the elastic behavior of paper. *Tappi Journal*, 59(1976):12, 118–120.
- Retulainen, E. and Nieminen, K. (1996). Fibre properties as control variables in papermaking?: Part 2 Strengthening interfiber bonds and reducing grammage. *Paperi ja puu*, (5), 305-311.
- Seth, R.S. (1995). The effect of fiber length and coarseness on the tensile strength of wet webs: a statistical geometry explanation. *Tappi Journal*, 78(3), 99–102.
- Van den Akker JA (1962). Some theoretical considerations on the mechanical properties of fibrous structures. Pages 201-241 in Bolam, ed. Formation and structure of paper. Vol. 1. Transactions of the symposium held at Oxford, September 1961, Technical Section of the British Paper and Board's Makers Association, London, UK.
- Wangaard, F. F. and Woodson, G. E. (1972). Fiber length-fiber strength interrelationship for slash pine and its effect on pulp-sheet properties. *Wood Science*, 5 (3), 235-240.
- Winter, A., Gindl-Altmutter, W., Mandlez, D., Bauer, W., Eckhart, R., Leitner, J. and Veigel, S. (2021). Reinforcement effect of pulp fines and microfibrillated cellulose in highly densified binderless paperboards. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125258.
- Winters, U. W., Duffy, G. G., Kibblewhite, R. P. and Riddell, M. J. (2002). Effect of grammage and concentration on paper sheet formation of Pinus radiata kraft pulps. *Appita Journal*, 55(1), 35-42.
- TAPPI T 205 (2018) — Forming Handsheets For Physical Tests Of Pulp
- TAPPI T 275 (2018). — Screening of pulp (Somerville-type equipment)
- TAPPI UM 256 (2015). Water retention value (WRV)
- ISO 52671: 1999 (2021). Pulps — Determination of drainability — Part 1: Schopper-Riegler method

ISO 187:1990 (1990). Paper, board and pulps — Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples

ISO 534: 2011 (2017). Paper and board — Determination of thickness, density and specific volume

ISO 536:2012 (2012). Paper and board — Determination of grammage

ISO 5264-1:1979 (2019). Pulps — Laboratory beating — Part 1: Valley beater method

ISO 19242:2008 (2018). Paper and board — Determination of tensile properties — Part 2: Constant rate of elongation method.

# Properties of Gypsum Boards Made with Cedrus Tree (*Cedrus libani*) Components. Part 1. Physical and Mechanical Properties

Halil Turgut ŞAHİN<sup>1,\*</sup> Esen ÇAM<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Products Engineering, Isparta, Turkey

## Article History

Received: 04.02.2022

Accepted: 10.03.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article



**Abstract** – In this study, it was found that the addition of wood had a reducing effect on water absorption (WA) and thickness swelling (TS) properties in gypsum-based boards. The lowest WA value of 41.56% was found sample prepared with cedrus's bark/needle mixture (Ka<sub>1</sub>; 3:2 by weight). It has also been realized that experimental boards made only bark-gypsum (SKa<sub>6</sub>), cone-gypsum (SKo<sub>6</sub>) and needle-gypsum (SI<sub>6</sub>) proportions show Thickness Swelling (TS) values of 33.70%, 21.70% and 18.85%, respectively. However, the surface hardness (Shore D) has usually correlated with wood content but natural weathering negatively effects hardness that lowering from -6.9% (SKa<sub>1</sub>) to -30.3% (SKa<sub>2</sub>) in all type experimental boards. It was found that panels produced with cedrus wood/cone (SKo); cedrus wood/needle (SI) and cedrus cone/needle (KoI) proportions have no higher values than standard Internal Bond (IB) value of 0.28 N/mm<sup>2</sup>. But the highest IB value of 0.48 N/mm<sup>2</sup> was observed for a sample of SKa<sub>5</sub> that produced with a ratio of 1:4 by cedrus wood/bark proportions (w/w). Moreover, the highest bending strength (MOR) values of 1.32 N/mm<sup>2</sup> were calculated with SKa<sub>2</sub> sample that produced with ratio of 4:1 by cedrus wood/bark proportions (w/w). These mechanical properties are probably related to experimental board manufacturing process, which consists of multi stage processing (slushing, soaking, formation, pressing and drying) may effect hindering reinforcement elements to develop the network matrix strength properly.

**Keyword** – *Cedrus wood, cone, needle, gypsum board, internal bond, MOR, MOE*

## Sedir Ağacının (*Cedrus libani*) Farklı Kısımlarından Üretilmiş Alçı Esaslı Levhaların Özellikleri. 1. Bölüm. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

<sup>1,2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

## Makale Tarihi

Gönderim: 04.02.2022


Kabul: 10.03.2022


Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi

**Öz**– Bu çalışmada, odun ilavesinin, alçı esaslı levhalarda su alma (WA) ve kalınlığına şişme (TS) özelliğini azaltıcı etki gösterdiği bulunmuştur. En düşük su alma oranı %41,56 ile sedir kabuk/ibre karışımından (Ka<sub>1</sub>; 3:2, ağırlık: ağırlık) üretilmiş levhalarda gözlemlenmiştir. Sadece kabuk-alçı (SKa<sub>6</sub>) ve kozalak-alçı (SKo<sub>6</sub>) ve ibre-alçı (SI<sub>6</sub>) karışımından üretilmiş deneme levhalarının kalınlığına şişme oranları sırasıyla %33,70, %21,70 ve %18,85, hesaplanmıştır. Ayrıca, yüzey sertlik (Shore D) değerleri genellikle levha karışımındaki odun oranı ile pozitif, fakat doğal yaşlandırma işlemine tutulmuş levhalarda ise negatif ilişkisi olduğu ve % -6.9 (SKa<sub>1</sub>) ile % -30.3 (SKa<sub>2</sub>) arasında azalmalar belirlenmiştir. Sedir odun/kozalak, (SKo); sedir odun/ibre (SI) ve sedir kozalak/ibre (KoI) karışımlarından üretilmiş levhaların yapışma direnç değerleri (IB), standart değer olan 0.28 N/mm<sup>2</sup> den daha düşük hesaplanmıştır. En yüksek yapışma direnci 0.48 N/mm<sup>2</sup> olarak 1:4 (ağırlık/ağırlık) oranında sedir odun/sedir kabuk (SKa<sub>5</sub>) örneğinde belirlenmiştir. En yüksek eğilme direnci ise (MOR) 1.32 N/mm<sup>2</sup> olarak 4:1 (ağırlık/ağırlık) oranında sedir odun/sedir kabuk (SKa<sub>5</sub>) örneğinde belirlenmiştir. Bu mekanik değerler deneysel levha hazırlama aşamaları ile yakından ilişkili olduğu zira çok basamaklı proseslerde (ıslatma, taslak oluşturma, presleme ve kurutma), ilave edilen güçlendirme elemanlarının etkisini engelleyerek matris yapıda uygun direnç oluşumunu etkileyebilirler.

**Anahtar Kelimeler** – *Sedir odunu, kozalak, ibre, alçı levha, yapışma direnci, MOR, MOE*

<sup>1</sup>  halilsahin@isparta.edu.tr

<sup>2</sup>  esencam3232@outlook.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Introduction

Since gypsum-based boards began to use in the construction industry in 1950s, there has been growing interest in that composite manufacturing worldwide. However, a significant portion of recent literature on those products has focused on natural fillers to determining effects of variables (Cam, 2019; Herhández et. al. 1999; Van Elten, 1996). It has been reported by several scientist that the use of bio-material as reinforcement element in gypsum network has been beneficial in many aspects (Cam, 2019; Shiroma et al. 2016; Youngquist, 1999). De Araújo and his group (2011) studied the feasibility of gypsum- and cement-based composites made from bamboo species. It has been reported that the bamboo-cement boards presented higher bending strength and lower moisture content than bamboo-gypsum boards. Dai and Fan (2015) prepared a bio-composite from wood sawdust and gypsum. They proposed that there was a positive effect of sawdust on gypsum was achieved by the addition of an antifoam agent. They reported that water-based epoxy (WEP) could be coated on the surface of sawdust, which resulted in a reduction of the water absorption up to 25.6% and water content inside composite up to 35.8%. They suggested that 20% sawdust addition into gypsum gave reasonable flexural- and compressive strength values of the composite are 4.59 MPa and 13.25 MPa, respectively. Morales-Conde and his friends (2016) prepared a composite material from wood shavings and sawdust from wood waste mixed in various proportions with gypsum. It was found that increasing wood proportions in mixture reduced density and Shore C hardness while slightly lowered thermal conductivity. In addition, wood content and mechanical properties of the composite material were correlated to each other that lowered with increasing wood content in the mixture. In more recent study, the effects of red pine wood/rice straw particles in the mixture up to 60:40 (ratio, w/w) in gypsum-water mixture were investigated. It has been reported that the addition of rice straw to the wood/gypsum mixture has a lowering effect on the thickness swelling, internal bond (IB) and bending strength (MOR) properties of experimental boards at some level (Sahin et al. 2019). The similar results were also realized with post-consumer waste paper, old corrugated container (OCC) and secondary fiber addition (cellulosic additives) to gypsum in panel structure negative impact on Thickness Swelling values in water. Interestingly, the addition of all three cellulosic sources to the gypsum structure increases the bending strength properties on some level (Sahin and Demir, 2019). *Cedrus libani*, commonly known as the Lebanon cedar, is an evergreen conifer that is native to the mountains of the Eastern Mediterranean basin. Cedar wood is very prized for its fine grain, attractive yellow color, and fragrance. It is exceptionally durable and immune to insect ravages.

The aim of the complimentary laboratory-scale investigations is to study the effects of cedrus tree's components (bark, cone, needles, wood) as reinforcement elements on gypsum-based boards. In this respect, experimental composite panels were produced from a combination of various proportions with cedrus tree's components in controlled conditions. Thus, it is possible to produce gypsum-lignocellulosic based (cedrus tree components) experimental panels by selecting the most suitable processing conditions. In order to limit the study to a certain level and to investigate the effects of lignocellulosic reinforcement elements to gypsum structure, it is not considered to include any other substance rather than cedrus tree components and gypsum, since only the effect of gypsum/lignocellulosic compatibility is considered.

## 2. Material and Method

The reinforcement filler materials used in gypsum-based boards are cedrus tree (*Cedrus libani*) and its components. The cedrus wood, bark, cones, and needles used in the study were collected from a local forest office in Isparta, Turkey. All these raw materials were turned into particles through a hammer mill and screened. Particles remaining on the 2-3 mm were used in gypsum-based experimental panel production. The particles were then dried at atmospheric conditions until air dried (12-15%) moisture content. Commercially available gypsum that carried TS EN 13279-1 B4/20/2 standard form as provided and without further processing was used. Some reported specification of that Gypsum material as follows; initial hardening time:> 20 min; full hardening time: 150 min; useability time after mixture prepared, 60 min; water (lt)/gypsum content (gr): 6.0-6.5/10; heat coefficient: 0.34 W/mK; Fire performance: A1; Bending strength (at least): 10 kgf/cm<sup>2</sup>; Crushing strength (at least 4x4 block): 25 kgf/cm<sup>2</sup>. After 15 to 20 minutes of mixing gypsum with cedrus tree's components in water, the paste was screened onto a metal plate that had been covered with wax paper. The mat was evenly distributed to provide as uniform a density as possible. Cold pressing took place under a pressure of 5.0 MPa, to reach 10 mm thickness, after which the boards were retained in compression for 24 hours. The target densities of the manufactured boards were; 1.2 (± 0.5) gr/cm<sup>3</sup>. A total of 62 (31x2) experimental gypsum-

based boards were made. Six different types of boards were prepared with various proportions with 1000 gr (constant) gypsum and 500 gr (constant) lignocellulosic additives. The experimental boards were prepared with given codes in this study was summarized in Table 1. The experimental procedure for manufacturing experimental particle boards as;

- Press temperature (°C): Ambient temperature,
- Pressing and curing time (day): up to 28,
- Press pressure (N/mm<sup>2</sup>): 0.1-1.0,
- Gypsum-cedrus's wood/bark/cone/needle ratio (gr): 1000 gr/500 gr.
- Board dimensions (mm): 400x400x10 cm.

Table 1

Code numbers and mixture proportions (gr) of reinforcement elements (S: cedrus wood, Ka: cedrus bark, Ko: cedrus cone, I: cedrus needle).

<b>Board Code</b>	<b>Wood (gr)</b>	<b>Bark (gr)</b>	<b>Cone (gr)</b>	<b>Needle (gr)</b>
<b>Type 1 (Gypsum-cedrus' wood/bark based boards)</b>				
<b>SKa1</b>	500	0	0	0
<b>SKa2</b>	400	100	0	0
<b>SKa3</b>	300	200	0	0
<b>SKa4</b>	200	300	0	0
<b>SKa5</b>	100	400	0	0
<b>SKa6</b>	0	500	0	0
<b>Type 2 (Gypsum-cedrus' wood/cone based boards)</b>				
<b>SKo1</b>	500	0	0	0
<b>SKo2</b>	400	0	100	0
<b>SKo3</b>	300	0	200	0
<b>SKo4</b>	200	0	300	0
<b>SKo5</b>	100	0	400	0
<b>SKo6</b>	0	0	500	0
<b>Type 3 (Gypsum-cedrus' wood/needle based boards)</b>				
<b>SI1</b>	500	0	0	0
<b>SI2</b>	400	0	0	100
<b>SI3</b>	300	0	0	200
<b>SI4</b>	200	0	0	300
<b>SI5</b>	100	0	0	400
<b>SI6</b>	0	0	0	500
<b>Type 4 (Gypsum-cedrus' bark/cone based boards)</b>				
<b>KaKo1</b>	0	500	0	0
<b>KaKo2</b>	0	400	100	0
<b>KaKo3</b>	0	300	200	0
<b>KaKo4</b>	0	200	300	0
<b>KaKo5</b>	0	100	400	0
<b>KaKo6</b>	0	0	500	0
<b>Type 5 (Gypsum-cedrus' bark/needle based boards)</b>				
<b>KaI1</b>	0	500	0	0
<b>KaI2</b>	0	400	0	100
<b>KaI3</b>	0	300	0	200
<b>KaI4</b>	0	200	0	300
<b>KaI5</b>	0	100	0	400
<b>KaI6</b>	0	0	0	500
<b>Type 6 (Gypsum-cedrus' cone/needle based boards)</b>				
<b>KoI1</b>	0	0	500	0
<b>KoI2</b>	0	0	400	100
<b>KoI3</b>	0	0	300	200
<b>KoI4</b>	0	0	200	300
<b>KoI5</b>	0	0	100	400
<b>KoI6</b>	0	0	0	500



After manufacturing, the experimental panels, were conditioned at 23 °C and 65% relative humidity and samples were cut to determine the IB (Internal Bond), MOE and MOR (Modulus of Elasticity and Rupture), TS (Thickness Swelling after 2- and 24-hours immersion in water) and The Water Absorption (WA, %), in accordance with TS EN 310 (1999), TS EN 319 (1999) and TS EN 317 (1999) standards, respectively. The natural weathering tests were conducted on 50x50x10 mm samples were exposed to natural outdoor process for two months, the surface color changes and surface hardness were determined with X-Rite SP68 Spectrophotometer using CIE L\*, a\*, b\* standard (1976), and a Shore Hardness (Scale D) instrument, according to the test method of ASTM D2240 standard. An ANOVA general linear model procedure was employed for data to interpret principal and interaction effects on the properties of the panels manufactured. Duncan test was used to make comparison among board types for each property tested if the ANOVA found significant.

### 3. Result and Discussion

Although many variables and mechanisms effects liquid uptake, the water absorption experiments are valuable in predicting moisture absorptiveness regardless of the mechanisms (Khazaei, 2008). The comparative water absorption (WA) properties of six different types of gypsum based boards are presented in Table 2.

Table 2  
Water absorption (%) properties of boards

Board Codes	WA (%) (2 h)	WA ratio (%) (2/24 h)	WA (24 h, %)
<b>SKa<sub>1</sub></b>	56.74	95.3	59.49 (1.42) <b>A</b>
<b>SKa<sub>2</sub></b>	51.62	90.3	57.18 (1.57) <b>A</b>
<b>SKa<sub>3</sub></b>	48.64	83.9	57.89 (0.48) <b>A</b>
<b>SKa<sub>4</sub></b>	40.00	78.8	50.76 (3.30) <b>B</b>
<b>SKa<sub>5</sub></b>	42.06	78.6	53.51 (3.92) <b>C</b>
<b>SKa<sub>6</sub></b>	32.58	69.4	46.93 (3.93) <b>D</b>
<b>SKo<sub>2</sub></b>	47.08	84.1	56.04 (5.35) <b>A</b>
<b>SKo<sub>3</sub></b>	43.24	86.5	50.04 (0.99) <b>B</b>
<b>SKo<sub>4</sub></b>	46.38	94.4	49.12 (1.49) <b>B</b>
<b>SKo<sub>5</sub></b>	48.13	96.5	49.96 (3.62) <b>B</b>
<b>SKo<sub>6</sub></b>	44.45	90.8	48.91 (4.42) <b>B</b>
<b>SI<sub>2</sub></b>	50.70	94.1	53.89 (5.25) <b>AB</b>
<b>SI<sub>3</sub></b>	43.15	74.1	58.03 (4.31) <b>A</b>
<b>SI<sub>4</sub></b>	49.17	93.9	52.39 (3.16) <b>B</b>
<b>SI<sub>5</sub></b>	49.80	82.2	59.59 (6.16) <b>A</b>
<b>SI<sub>6</sub></b>	50.24	86.5	58.08 (3.79) <b>A</b>
<b>KaKo<sub>2</sub></b>	39.33	85.5	46.01 (2.32) <b>A</b>
<b>KaKo<sub>3</sub></b>	37.07	76.1	48.73 (0.04) <b>A</b>
<b>KaKo<sub>4</sub></b>	34.65	74.5	46.52 (2.09) <b>A</b>
<b>KaKo<sub>5</sub></b>	40.94	86.1	47.54 (5.32) <b>A</b>
<b>KaKo<sub>6</sub></b>	41.43	84.7	48.91 (4.42) <b>A</b>
<b>KaI<sub>2</sub></b>	36.80	76.8	47.94 (6.07) <b>B</b>
<b>KaI<sub>3</sub></b>	35.80	86.1	41.56 (2.24) <b>A</b>
<b>KaI<sub>4</sub></b>	37.36	87.9	42.48 (0.84) <b>AB</b>
<b>KaI<sub>5</sub></b>	43.87	77.2	58.63 (1.64) <b>C</b>
<b>KaI<sub>6</sub></b>	54.33	93.5	58.08 (3.79) <b>C</b>
<b>KoI<sub>2</sub></b>	33.48	74.6	44.85 (3.33) <b>B</b>
<b>KoI<sub>3</sub></b>	33.85	81.2	41.69 (1.35) <b>C</b>
<b>KoI<sub>4</sub></b>	37.10	72.6	50.97 (2.72) <b>A</b>
<b>KoI<sub>5</sub></b>	36.04	81.2	44.39 (0.53) <b>B</b>
<b>KoI<sub>6</sub></b>	39.22	67.7	58.08 (3.79) <b>D</b>

\*The numbers in parenthesis are standard deviations. Values sharing the same capital letter (s) within a column are not statistically different at a 0.05 level of confidence.

The boards made with wood in proportions (Type 1-3) exhibited an initial high rate of moisture sorption followed by lowering trend while the other components (bark, cone and needle) increases in the mixture. However, boards made without wood show various levels of WA properties. The highest WA value of 59.49% was found for the SKa<sub>1</sub> sample that was only made with cedrus wood-gypsum. But the lowest WA value of 46.93% was found with a sample made only with cedrus' bark-gypsum for Types 1-3 boards. Moreover, the lowest WA value of 41.56% was found sample made with cedrus's bark/needle mixture (Ka<sub>3</sub>; 3/2 by weight) in gypsum.

It is clear that lignocellulosic fillers in gypsum rather than wood lowering effects on WA of experimental boards. It could also be realized that boards prepared with various proportions with wood/bark, cone and needle show lowering water absorption as wood content reduced in proportions. It may be expected considering these non-wood substrates has usually higher hydrophobic constituents (lignin and extractives) rather than wood. It may effect lowering water intake. It has well known that the rate of water absorption depends on the difference between the saturation moisture content and the water content at a given time, which is called the driving force. As hydration proceeds, the water content increases, decreasing the driving force and consequently the sorption velocity. The water absorption process ceases when the sample attains the equilibrium in water content (Siau, 1995). It may be another evidence that cone, bark and needle particles could be better alignment in the gypsum network resulting in resistance against water diffusion in some level. Moreover, Wilson and his group (1995 a and b) proposed that the absorption of water into a composite (two different materials) was due to hydraulic contact that the absorption of water into two-layer composites is ultimately controlled by the properties of the second material.

Table 3 shows the comparative Thickness Swelling (TS, %) properties of experimental boards. Except for the boards of SKa<sub>6</sub> and SI<sub>3</sub> which shows the 33.70% and 30.34% TS values, the lowering wood content and/or increasing bark (Type 1), cone (Type 2) and needle (Type 3) proportions in the mixture have usually lowering effects on TS properties of experimental boards in water. The lowest TS values have been observed at the lowest cedrus wood content (100 gr) while the highest amount of bark (10.69% for SKa<sub>5</sub>, in Type 1); cone (7.67% for SKo<sub>5</sub>, in Type 2) and needle (9.48% for SI<sub>5</sub>, in Type 3) reinforcement particles with in gypsum. On the other hand the lowest TS values of 12.34% (KaKo<sub>2</sub>, in Type 4); 11.03% (KaI<sub>4</sub>, in Type 5); and 9.9% (KoI<sub>2</sub>, in Type 6) were found, respectively. Although boards made only bark-gypsum (SKa<sub>6</sub>), cone-gypsum (SKo<sub>6</sub>) and needle-gypsum (SI<sub>6</sub>) show TS values of 33.70%, 21.70% and 18.85%, respectively. It can be hypothesized that although cedrus's tree components rather than wood have higher hydrophobic constituents that lowering effects on hydrophilic properties of gypsum boards (Table 2), it is very difficult to predict the TS values for proportions to each other with in gypsum network. In addition, it has already predicted that water diffusion is the process by which a fluid migrates and spreads itself through openings (capillaries, vessels and cellular walls) of network structure. In this way, a difference in concentration between the various cellular layers effects water migrations from the more concentrated medium towards the less concentrated one.

Sahin et al. (2019) found that the addition of rice straw to red pine/gypsum-based boards negative impact on thickness swelling (TS) properties of boards in water. They reported the highest TS value of 47.66% for the board that produced from 60:40 (ratio) (w/w) wood/rice straw mixture. It was also found that the addition of post-consumer waste paper, old corrugated container (OCC) and secondary fiber to gypsum in panel structure negative impact on Thickness Swelling (TS) values in water (Sahin and Demir, 2019). Contrary to these results, we found that increasing bark (Type 1), cone (Type 2) and needle (Type 3) proportions in the mixture have usually lowering effects on TS properties of experimental boards.

Figure 1 show the comparative hardness (Shore D) properties of both control and naturally, two months weathered samples. It could be seen that surface hardness has usually correlated with wood content that it decreased

while cone (Type 2) and needle (Type 3) content increased in the mixture. Similar trend is also found for Type 4 and 5 boards that increase cone and needle content while decreasing bark positively effects hardness value of samples. However, there is no correlation was observed with Type 6 boards (cone/needle boards).

Table 3  
Thickness Swelling (%) properties of boards

Board Codes	TS (2 h)	TS (2/24 h ratio %)	TS (24 h, %)
<b>SKa<sub>1</sub></b>	13.69	61.2	22.35 (5.88) <b>A</b>
<b>SKa<sub>2</sub></b>	4.86	24.8	19.56 (2.20) <b>A</b>
<b>SKa<sub>3</sub></b>	7.00	58.4	11.98 (6.11) <b>B</b>
<b>SKa<sub>4</sub></b>	3.92	33.3	11.75 (1.59) <b>B</b>
<b>SKa<sub>5</sub></b>	3.22	30.1	10.69 (2.69) <b>B</b>
<b>SKa<sub>6</sub></b>	4.56	13.5	33.70 (8.35) <b>C</b>
<b>SKo<sub>2</sub></b>	8.88	70.4	12.61 (4.14) <b>AB</b>
<b>SKo<sub>3</sub></b>	5.42	25.4	21.34 (5.25) <b>CD</b>
<b>SKo<sub>4</sub></b>	7.49	44.2	16.95 (5.21) <b>BC</b>
<b>SKo<sub>5</sub></b>	5.99	78.1	7.67 (2.19) <b>A</b>
<b>SKo<sub>6</sub></b>	8.17	37.6	21.70 (4.10) <b>CD</b>
<b>SI<sub>2</sub></b>	6.49	33.3	19.49 (4.76) <b>C</b>
<b>SI<sub>3</sub></b>	12.47	41.1	30.34 (6.79) <b>D</b>
<b>SI<sub>4</sub></b>	9.11	69.0	13.20 (2.51) <b>AB</b>
<b>SI<sub>5</sub></b>	4.40	46.4	9.48 (7.19) <b>A</b>
<b>SI<sub>6</sub></b>	9.78	51.9	18.85 (6.34) <b>BC</b>
<b>KaKo<sub>2</sub></b>	6.91	55.9	12.34 (1.19) <b>A</b>
<b>KaKo<sub>3</sub></b>	5.32	40.1	13.01 (5.41) <b>AB</b>
<b>KaKo<sub>4</sub></b>	8.13	62.2	13.08 (4.99) <b>AB</b>
<b>KaKo<sub>5</sub></b>	8.07	44.4	18.17 (11.92) <b>AB</b>
<b>KaKo<sub>6</sub></b>	8.17	37.6	21.70 (4.10) <b>B</b>
<b>KaI<sub>2</sub></b>	3.35	25.1	13.37 (2.20) <b>A</b>
<b>KaI<sub>3</sub></b>	7.24	62.7	11.54 (2.66) <b>A</b>
<b>KaI<sub>4</sub></b>	5.37	48.6	11.03 (4.18) <b>A</b>
<b>KaI<sub>5</sub></b>	4.82	38.7	12.44 (5.87) <b>A</b>
<b>KaI<sub>6</sub></b>	9.78	51.9	18.85 (8.35) <b>A</b>
<b>KoI<sub>2</sub></b>	3.19	31.9	9.99 (5.48) <b>A</b>
<b>KoI<sub>3</sub></b>	4.32	30.2	14.29 (2.87) <b>AB</b>
<b>KoI<sub>4</sub></b>	5.48	52.4	10.46 (6.30) <b>A</b>
<b>KoI<sub>5</sub></b>	6.44	40.1	16.08 (2.78) <b>B</b>
<b>KoI<sub>6</sub></b>	9.78	51.9	18.85 (8.35) <b>BC</b>

\*The numbers in parenthesis are standard deviations. Values sharing the same capital letter (s) within a column are not statistically different at a 0.05 level of confidence.

The highest shore hardness value of 51 (metric) was found for the SKa<sub>5</sub> sample while the lowest value of 21 (metric) was found in KaKo<sub>6</sub> boards. However, as expected two month weathering negatively effects all experimental boards' hardness properties. It reduced from -6.9% (SKa<sub>1</sub>) to -30.3% (SKa<sub>2</sub>) in all types of experimental boards. It has been noted that boards made with only wood (SKa<sub>1</sub>), bark (SKa<sub>6</sub>), cone (SKo<sub>6</sub> and needle SI<sub>6</sub>) show approximately lowering hardness of -6.9%; -10.6%; -14.3% and -14.6%, respectively. The hardness properties deteriorated with the progress of weathering is probably due to the deformed and loosening of particles in board structure. This is an important finding, in regard to weathering performance of composite materials.

As mentioned above, increasing wood shavings and sawdust proportions in gypsum-based mixture impact on reducing Shore C hardness (Morales-Conde et al. 2016). However, the natural weathering of boards made with some cellulosic filler in gypsum had shown lowering hardness (Shore D) properties (Sahin and Demir, 2019). The results found in this study show similar results that addition of some lignocellulosic fillers (reinforcement elements) on gypsum has no any improvement effects for hardness properties of experimental boards.

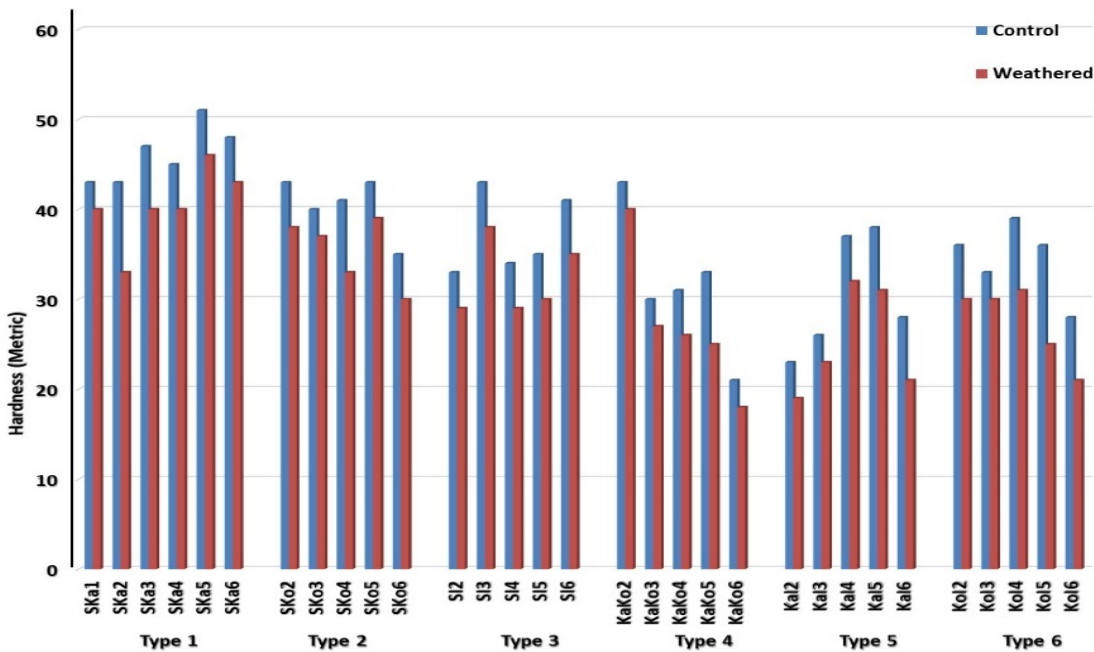


Figure 1. Hardness (Shore D) properties of experimental boards

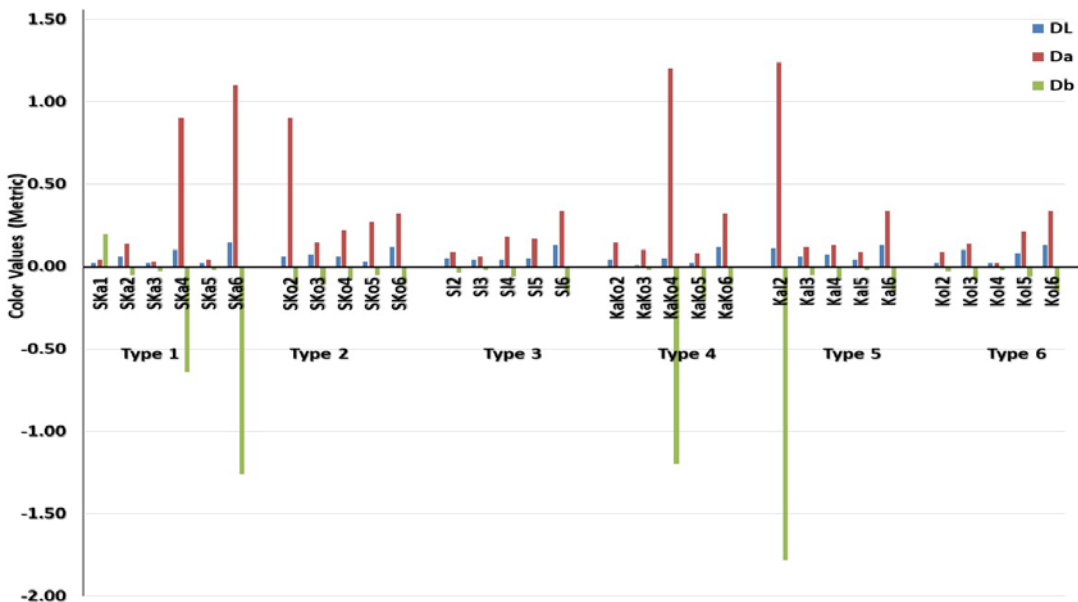


Figure 2. Color (CIE L,a,b) properties of experimental boards

Figure 2 show the weathering modified lightness ( $\Delta L$ ), redness ( $\Delta a$ ) and yellowness ( $\Delta b$ ) of colour coordinates. However, it appears that outdoor exposure marginally effects on lighter tone ( $\Delta L$ ) of samples in all manufacturing conditions. It is usually changed of 0.01-0.15 level of increasing (reducing darkness). Moreover, it looks

like both green-red (a\*) and yellow-blue (b\*) colour coordinates better correlated with weathering. Interestingly all samples show increasing redness (+a) and yellowness (-b) colour coordinate values in all conditions. The highest redness of  $\Delta a = 1.1, 0.32$  and  $0.34$  and yellowness of  $\Delta b = -1.26, -0.16$  and  $-0.15$  were observed in Types 1-3 boards that made from without cedrus's wood that only cedrus's bark (SKa<sub>6</sub>), cone (SKO<sub>6</sub>) and needle (SI<sub>6</sub>) particles in experimental boards, respectively. It is interesting to note that boards made with needle/wood and needle/cone in proportions (Type 3 and 6) in gypsum show only marginally changed color values. These marginal changes in those boards may be attributed to the chemical constituents of filler (lignocellulosic elements). It could also be hypothesed that among fillers even with the same level of extractive content, different levels of resistance against weathering could be possible. This should be case for gypsum-cedrus tree components' compability that the chemical composition and types of fillers particularly different one to another. The comparative three important mechanical strength (IB, MOR, and MOE) properties of experimental samples are shown in Table 4.

Table 4.

The strength properties of experimental boards

Board Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	IB (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta$ (Std. %)	MOR (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta$ (Std. %)	MOE (N/mm <sup>2</sup> )	$\Delta$ (Std%)
SKa <sub>1</sub>	1.29	0.22 (0.07) B	-21.4	1.06 (0.13) AB	-91.57	206.72	-88.5
SKa <sub>2</sub>	1.33	0.27 (0.06) B	-3.6	1.32 (0.27) C	-89.4	348.64	-80.6
SKa <sub>3</sub>	1.30	0.33 (0.05) A	17.9	1.13 (0.19) B	-90.9	337.92	-81.2
SKa <sub>4</sub>	1.28	0.41 (0.04) A	31.7	0.9 (0.22) A	-92.3	505.68	-71.9
SKa <sub>5</sub>	1.29	0.48 (0.04) A	71.4	1.03 (0.25) A	-91.8	312.77	-82.6
SKa <sub>6</sub>	1.23	0.44 (0.06) C	57.1	1.05 (0.17) AB	-91.6	513.84	-71.5
SKO <sub>2</sub>	1.43	0.19 (0.05) AB	-32.1	1.09 (0.30) C	-91.3	325.37	-81.9
SKO <sub>3</sub>	1.12	0.18 (0.02) CD	-35.7	0.97 (0.21) C	-92.2	274.72	-84.8
SKO <sub>4</sub>	1.08	0.17 (0.02) BC	-39.3	0.65 (0.10) B	-94.8	< 150**	-
SKO <sub>5</sub>	1.22	0.06 (0.03) A	-78.6	0.4 (0.08) A	-96.8	< 150**	-
SKO <sub>6</sub>	1.30	0.1 (0.02) CD	-64.3	0.5 (0.04) A	-96.0	< 150**	-
SI <sub>2</sub>	1.37	0.27 (0.07) C	-3.6	0.98 (0.13) CD	-92.2	293.77	-83.7
SI <sub>3</sub>	1.45	0.13 (0.02) D	-53.6	0.81 (0.14) B	-93.5	< 150* *	-
SI <sub>4</sub>	1.26	0.17 (0.07) AB	-39.3	0.79 (0.22) B	-93.7	314.9	-82.5
SI <sub>5</sub>	1.27	0.15 (0.01) A	-46.4	0.88 (0.16) BC	-92.9	330.64	-81.7
SI <sub>6</sub>	1.19	0.05 (0.05) BC	-82.2	0.55 (0.10) A	-95.6	< 150* *	-
KaKo <sub>2</sub>	1.19	0.31 (0.01) A	10.7	0.84 (0.25) BC	-93.3	< 150* *	-
KaKo <sub>3</sub>	1.24	0.27 (0.01) AB	-3.6	0.88 (0.22) C	-92.9	582.04	-67.7
KaKo <sub>4</sub>	1.41	0.27 (0.03) AB	-3.6	0.71 (0.15) B	-94.3	< 150**	-
KaKo <sub>5</sub>	1.10	0.26 (0.06) AB	-7.1	0.73 (0.07) BC	-94.4	< 150**	-
KaKo <sub>6</sub>	1.30	0.1 (0.02) B	-64.3	0.5 (0.04) A	-96.0	< 150* *	-
KaI <sub>2</sub>	1.13	0.35 (0.05) A	25.1	1.26 (0.37) C	-89.9	188.6	-89.5
KaI <sub>3</sub>	1.24	0.42 (0.07) A	50.1	1.02 (0.50) BC	-91.8	294.42	-83.7
KaI <sub>4</sub>	1.27	0.27 (0.03) A	-3.6	0.95 (0.44) B	-92.4	< 150**	-
KaI <sub>5</sub>	1.10	0.12 (0.03) A	-57.1	0.55 (0.09) A	-95.6	< 150**	-
KaI <sub>6</sub>	1.19	0.05 (0.02) A	-82.2	0.55 (0.10) A	-95.6	< 150**	-
KoI <sub>2</sub>	1.23	0.19 (0.05) A	-32.1	0.33 (0.16) A	-97.4	< 150**	-
KoI <sub>3</sub>	1.37	0.15 (0.04) AB	-46.4	0.33 (0.11) A	-97.4	< 150**	-
KoI <sub>4</sub>	1.15	0.2 (0.03) A	-28.6	0.79 (0.17) C	-93.7	< 150**	-
KoI <sub>5</sub>	1.20	0.28 (0.02) B	0.0	1.11 (0.38) D	-91.1	535.42	-70.3
KoI <sub>6</sub>	1.19	0.05 (0.02) BC	-82.2	0.55 (0.10) B	-95.6	< 150* *	-
According to EN 312 standard For Type 1 boards							
		0.28		12.5		1800	

\*The numbers in paranthesis are standard deviations. \*\*measurement limit of instrument, Values sharing the same capital lette(s) within column are not statistically different at 0.05 level of confidence.

For IB properties, it can be seen that only a few samples (SKa<sub>3-6</sub>; KaI<sub>2</sub>; Kako<sub>2</sub>; KaI<sub>2-3</sub>) show higher IB values

than standart values of  $0.28 \text{ N/mm}^2$ . The highest IB value of  $0.48 \text{ N/mm}^2$  was found for sample SKa<sub>5</sub> that produced with ratio of 1/4 by cedrus wood/bark proportions (w/w). It was also found that panels produced with cedrus wood/cone (SKo); cedrus wood/needle (SI) and cedrus cone/needle (KoI) proportion have no any higher values than standard. The results might not be surprise, when considering the structure of gypsum. One could be said that most of the gypsum might be absorbed by this bulky matrix elements and that not sufficient glue remains in reinforcement elements (cedrus's tree) in structure. Thereby, the amount of glue used in this study (1000 gr by weight) probably is not sufficient for this type of boards.

For Bending strength (MOR) and Modulus of Elasticity values (MOE) of the six types boards, in general, it has been understood that the both MOR and MOE values of the mixture produced with the cedrus tree and its components considerably lower than standard value of  $12.5 \text{ N/mm}^2$  for MOR and  $1800 \text{ N/mm}^2$  for MOE. The highest MOR values for Type 1 boards was calculated as  $1.32 \text{ N/mm}^2$  (SKa<sub>2</sub>);  $1.09 \text{ N/mm}^2$  for Type 2 boards (SKo<sub>2</sub>);  $1.26 \text{ N/mm}^2$  for Type 5 (KaI<sub>2</sub>); and  $1.11 \text{ N/mm}^2$  for Type 6 (KoI<sub>5</sub>) boards, respectively. These values approximately -89.4%; -91.3%; -89.9% and -91.1% lower than standard value of  $0.28 \text{ N/mm}^2$ .

Like MOR properties, the similar results was also found for MOE values of boards. The MOE values of the all six types boards were found to be significantly lower in all proportions and conditions. This situation was expected when considering the properties of experimental boards. This is because, the gypsum boards produced in the industry generally have lower elastic properties. It can be seen that increasing lignocellulosic additives in panel matrix for all type panels effects strength and elastic properties. It has already well presented that although strength properties are dependent on the size and distribution of fibers within the matrix system, low adhesive ratio or insufficient mixing procedure might lowering effects on the strengths of experimental panels. In addition, these non-wood substance that has considerably lower self strength and flexible than wood fibers that may resulting lowering strength properties. In addition, loss in fibre flexibility could also happen because of loss in bonding agents of fibre. For instance, loss in hemicelluloses component of fibre wall results in poor fibre swelling, thus fibre stiffness. It has alreday reported by Sahin and et al (2019) that the addition of rice straw to the red pine/gypsum mixture has a lowering effect on the internal bond (IB) and bending strength (MOR) properties of experimental boards some level. In contrast, the experimental boards produced by secondary fiber/gypsum mixture increases the IB and bending strength properties some level. However, the strengths are sensitive to fillers that the flexible fillers conform well on the plane of board, and by doing so flexible fillers contribute in enhancing the relative bonded area. This may a clear evidence that fibrous filler or reinforcement elements (secondary fibers) has better align and/or adopt to gypsum in network structure than lignocellulosic particles (wood, cone, bark, needle) resulting better strength properties as reported in literature (Sahin and Demir, 2019).

Figures 3-4 show the Internal Bond (IB) and Bending strength (MOR) properties of boards respectively. The dependence of IB strength to reinforcement element as a function of proportions shows that IB strength has a directly proportional to filler type and content. It is interesting to note that boards made with cedrus wood/cone (Type 2), cedrus wood/needle (Type 3) and cedrus cone/needle proportions have lower IB values that standard of  $0.28 \text{ N/mm}^2$  (Figure 3).

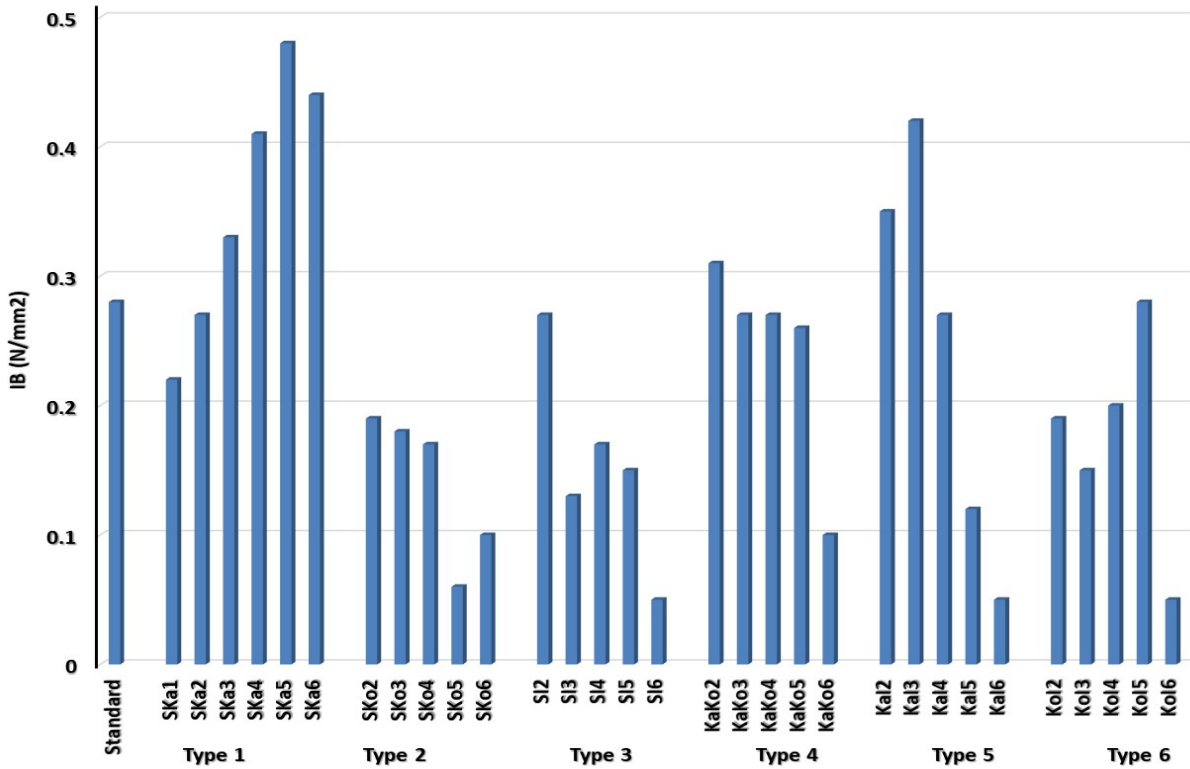


Figure 3. The Internal Bond Strength (IB) properties of boards

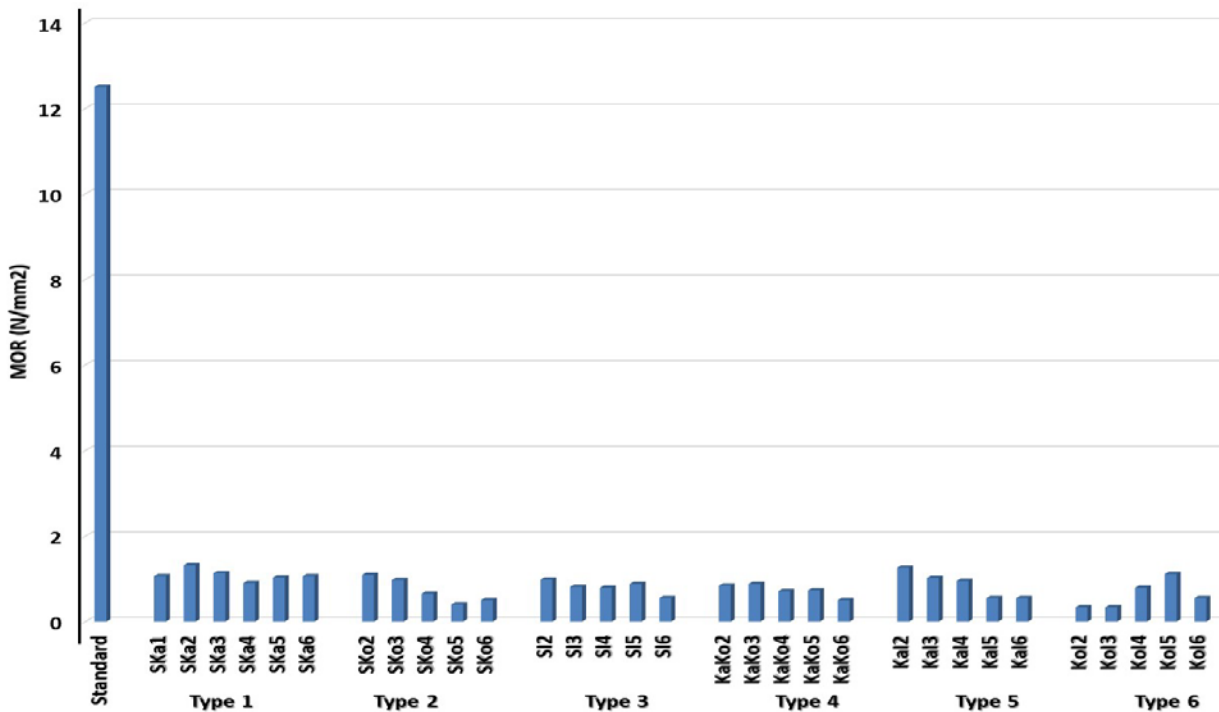


Figure 4. The Bending Strength (MOR) properties of boards

The bending strength is a important property to describe the general strength of materials. As seen in Figure 4, experimental boards manufacturing in all conditions show lower MOR values than standard value of 12.5 N/mm<sup>2</sup>. Boards made with only wood (SKa<sub>1</sub>), bark (SKa<sub>6</sub>), cone (SKo<sub>6</sub>) and needle (SI<sub>6</sub>) show the MOR values



of 1.06 N/mm<sup>2</sup>; 1.05 N/mm<sup>2</sup>; 0.5 N/mm<sup>2</sup> and 0.55 N/mm<sup>2</sup>), respectively. It has already well established that the bending strength of hybrid materials (composites) related to the bonding potential of reinforcement elements and bonded area, which originates from the surface properties of fillers and the fibre flexibility, assuming that the other properties (fibre- length, strength) remain intact. As mentioned above, due to bulkiness of lignocellulosic reinforcement elements in gypsum mixture, the gypsum content (1000 gr constant by weight) may not sufficient for this type of raw materials. However, during gypsum drying, network shrink laterally creating drying stresses in the structure. If reinforcement element is not compatible with gypsum or some chemical that against hydration properly, these stresses could not be straighten segments enough to enhance the network load carrying capacity. Because during experimental board manufacturing process, which consists of slushing, soaking, formation, pressing and drying may effects hindering reinforcement elements to develop the network strength properly. The results found in this study consisted with these suggestions.

#### 4. Conclusion

Gypsum-based boards have been a common material and can be used various type of construction purposes. However, those have usually utilized non-strength required areas due to their specific structural properties. There have been many approaches have already predicted with valuable results, but there is no standardized method to produce gypsum/lignocellulosic hybrid products that suitable to all wood species. In this study, the useability of cedrus tree's components (wood, bark, cone, needle) as reinforce elements with gypsum as mineral bonding agent in matrix composite system was investigated. The measured results clearly indicates that the selected lignocellulosic components have influenced boards mechanical properties some level. Although, experimental board's MOR strength properties are lower than standard value, but it is possible to find some level of mechanical properties at certain conditions. Moreover, these products could be utilized in not strength necessity applications. In general, the results of this study on the effect of cedrus tree components as reinforce element on gypsum bonded experimental boards are compatible with the findings in the literature.

#### Kaynaklar

- Çam, E. (2019). Investigation of the properties of gypsum composites produced from cedrus tree and its components, Isparta University of Applied Sciences, Graduate Education Institute, MSc. Thesis, (in Turkish), Isparta. 76p.
- Dai, D. and Fan, M. (2015). Preparation of bio-composite from wood sawdust and gypsum. *Industrial Crops and Products*, 74, 417-424.
- De Araújo, P. C., Arruda, L. M., Del Menezzi, C. H., Teixeira, D. E. and de Souza, M. R. (2011). Lignocellulosic composites from Brazilian giant bamboo (*Guadua magna*): Part 2: Properties of cement and gypsum bonded particleboards. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 13(3), 297-306.
- Herhández, O.F., Bollatti, M.R., Rio, M. and Landa, B.P. (1999). Development of cork-gypsum composites for building applications, *Construction and Building Materials*, 13, 179-186.
- Khazaei, J. (2008). Water absorption characteristics of three wood varieties. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 41, (2) 5-16.
- Morales-Conde, M. J., Rodríguez-Liñán, C. and Pedreño-Rojas, M. A. (2016). Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works. *Construction and Building Materials*, 114, 6-14.
- Sahin, H. T., Demir, İ., and Yalçın, Ö. Ü. (2019). Properties of Gypsum Boards Made of Mixtures of Wood and Rice Straw. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1-10.
- Şahin, H. and Demir, İ. (2019). Gypsum-Based Boards Made from Mixtures of Waste Cellulosic Sources: Part 1. Physical and Mechanical Properties. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 567-576.
- Shiroma, L., Camarini, G. and Beraldo, A. L. (2016). Effect of wood particle treatment on the properties of gypsum plaster pastes and composites. *Matéria* (Rio de Janeiro), 21(4): 1032-1044.
- Siau, J. F. (1995). Wood: Influence of moisture on physical properties. Dept. of Wood Science and Forest Products, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Van Elten, G.J. (1996). Innovation in the Production of Cement-Bonded Particleboard and Wood-Wool Cement Board, 5<sup>th</sup> International Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conference. Spokane, Washington, USA.

- Youngquist, J. A. (1999). Wood-based Composites and Panel Products, In: Wood handbook: wood as an engineering material, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General technical report FPL; GTR-113: Pp. 10.1-10.31.
- Wilson, M. A., Hoff, W. D. and Hall, C. (1995a). Water movement in porous building materials—XIII. Absorption into a two-layer composite. *Building and Environment*, 30(2), 209-219.
- Wilson, M. A., Hoff, W. D. and Hall, C. (1995b). Water movement in porous building materials—XIV. Absorption into a two-layer composite (SA < SB). *Building and Environment*, 30(2), 221-227.

## BIST Orman Kağıt Basım Endeksi ile Bazı Değişkenler Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkileri

Hüseyin Başar ÖNEM<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta-Türkiye

### Article History

Gönderim: 17.11.2021

Kabul: 07.02.2022

Yayın: 15.04.2022

### Research Article



**Öz** – Bu çalışmanın amacı, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile Vadeli Kereste İşlemleri (LBc1), Avrupa Orman- Kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin’ in eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerini 2.1.2015-22.10.2021 tarih aralığında günlük veriler kullanarak Engle Granger Eşbütünleşme testi ve VAR Granger nedensellik testi ile ortaya koymaktır. Çalışma sonuçlarına göre, (XKAGT) endeksi ile (HX551010PI), (SX551010PI), Dolar, Euro ve Sterlin arasında Engle Granger eşbütünleşme ilişkisi bulunmuş olup, (LBc1) ile eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır. Değişkenlerle ilgili VAR Granger nedensellik testine göre; (SX551010PI) ve HX551010PI endeksinden (XKAGT) endeksine, (XKAGT) endeksinden (LBc1) endeksine, (SX551010PI) endeksi ve Sterlin değişkeninden (HX551010PI) endeksine, (XKAGT) endeksi ve Dolar değişkeninden Sterlin değişkenine, (XKAGT) endeksinden Dolar değişkenine, (XKAGT) endeksi ve Dolar değişkeninden Euro değişkenine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisine rastlanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – BIST Orman Kağıt- Basım Endeksi, eşbütünleşme, nedensellik.

## Cointegration and Causality Relations between BIST Forest Paper Print Index and Some Variables

<sup>1</sup> Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Products Engineering, 32260 Isparta-Turkey

### Makale Tarihiçesi

Received: 17.11.2021


Accepted: 07.02.2022

Published: 15.04.2022

### Araştırma Makalesi

**Abstract**– The aim of this study is BIST Forestry Paper Printing (XKAGT) index and Futures Timber Transactions (LBc1), European Forest-Paper indices Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) and exchange rates in Dollar, Euro and Sterling. The aim is to reveal the cointegration and causality relationships of Engle Granger cointegration test and VAR Granger causality test by using daily data between 2.1.2015-22.10.2021. According to the results of the study, Engle Granger cointegration relationship was found between (XKAGT) index and (HX551010PI), (SX551010PI), Dollar, Euro and Sterling, but no cointegration relationship was found with (LBc1). According to the VAR Granger causality test for the variables; (SX551010PI) and HX551010PI index to (XKAGT) index, (XKAGT) index to (LBc1) index, (SX551010PI) index and Sterling variable to (HX551010PI) index, (XKAGT) index and Dollar to Sterling variable, (XKAGT) index to Dollar, A one-way causality relationship was found from the (XKAGT) index and the dollar variable to the Euro variable.

**Keywords** – BIST Forest Paper-Printing Index, cointegration, causality

<sup>1</sup>  basaronem@isparta.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Introduction

Ormanların ekolojik yapılarından fayda sağlanması, insanların yaşamı süresince sadece odun hammaddesi elde etmesi ile sınırlı kalmamıştır. Aynı zamanda besin, ilaç, barınma ve diğer nedenlerle her türlü bitki ve bitki parçalarının toplanması ve kullanılması ise ormanlardan elde edilen diğer faydalardandır. Odun Dışı Orman Ürünleri şeklinde ifade edilen, orman içi ve açıklıklarında, dolayısıyla orman ekosistemlerinde yetişen, ticari ve ticari olmayan amaçlarla hasat edilen ya da toplanan, ağaççık, çalı, her türlü bitki ve bunların parçalarını kapsamaktadır (Altunel, 2012). Orman; mobilya, kâğıt, yakacak, tel ve maden direkleri, inşaat malzemesi gibi kullanılan ürünlerin hammaddesini oluşturmakta birlikte aynı zamanda havayı temizlemesi, sağlıklı bir ekoloji meydana getirmesi, canlıların yaşamı için vazgeçilmez olması, erozyonun meydana gelmesini önleyen önemli unsurlardan biri olması ve çok fazla sayıda odun dışı orman ürünlerinin kullanılabilmesi insanlara sadece ormanlar sayesinde ulaşmaktadır (Alevli ve Yıldırım, 2016).

Gelişmekte olan ülke ekonomilerinin güçlü bir yapıya sahip olabilmesi için sürdürülebilir ekonomik büyümeyi gerçekleştirmeleri gerekir. Bunu sağlamak için ekonomik büyümenin unsurlarına sahip olunması ve bu unsurları rasyonel bir şekilde kullanıp geliştirmeleri önem arz etmektedir. Ülkelerdeki ormancılık sektörü, ekonomilerin uzun süreli ekonomik performans göstergesi olan büyüme kavramına etki eden etkili dinamiklerden biridir. Dünyada tüm varlıkların yaşam kaynağı olarak vazgeçilmez bir yapıya sahip ormanların ülke ekonomilerine para ile ifade edilen ve edilemeyen pozitif etkileri mevcuttur. Bu etkilerden bazıları, orman ürünleri kapsamında istihdamın artması, bunun sonucu olarak insanların köyden kente göç etmesinin azalması ve üretilen ürünler ile birçok sektöre girdi sağlamasıdır. Bu sayede ülke ekonomilerin ilgili makro hedeflere ulaşabilmesinde ve ülkelerdeki sosyo-ekonomik yapıyı geliştirmede önemli bir rol oynar (Önder ve Önder, 2009). Ülkelerde orman ürünleri endüstrisi ihracat ve ithalat unsurları bakımından önemli bir konuma sahiptir. Ormanlardan sağlanan yuvarlak odun, işlenmesinden sonra pek çok endüstri koluna girdi olabilmektedir. Elde edilen girdiler diğer ülkelerde farklı maliyet unsurlarını da ortaya çıkarmaktadır. Farklı ülkelerde maliyeti yüksek olan bir ürün diğer bir ülkede daha düşük olarak ortaya çıkabilmektedir. Üretimde kullanılan tüm unsurların maliyetlerinin birbirinden farklı olması da ilgili ülkelerin kendi arasında ticaret yapmasına neden olmaktadır (Alevli ve Yıldırım, 2016).

Dünyada orman ürünleri alanında uluslararası ticaretin artması, endüstride dış ticaret hacminin hızla yükseldiğini ortaya koymaktadır. Dünya üzerinde orman ürünlerinin ihracat miktarındaki artışın önemli sebeplerinden biri, gelişen ahşap malzeme teknolojileri ile birlikte ülkelerde ahşap ürünlerine olan ilginin artması ve ahşap yapı unsurlarının dünyada kullanımının artmasıdır. Orman ürünleri alanında uluslararası ticaretin artması ve gelişmesi ile birlikte Türkiye’ de de sektörün yapısal olarak değişim ve dönüşüm gerçekleştirdiği ve orman ürünleri sektörünün ihracat miktarının giderek yükselmesinin bir sonucu olarak birçok orman ürünü unsurlarındaki hammadde talebi de yükselmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018).

Türkiye’ de ormanlar birçok sektörün ihtiyacını karşılamak adına öncelikle odun ve odun dışı orman ürünleri ile ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonları vasıtasıyla parayla ölçülen veya ölçülemeyen çok sayıda mal/hizmet üretimi sunmaktadır. Ormancılık sektörü, diğer sektörler için çok önemli bir altyapı ortaya çıkarmakta ve onlara birçok alanda girdi oluşturmaktadır. Ayrıca sürekli ve güvenli iş olanakları sağlaması açısından orman sektörü önemli bir yapıya sahiptir (Tarım Orman Şurası, 2019). Türkiye’de orman endüstrisi, imalat sanayine dahil, teknoloji ve işletmecilik alanlarında üstün uygulamalara sahip sektörlerden biridir. Bu unsurlardan elde edilen gelişmelerde özellikle, Türkiye ağaç işleme makinaları sektöründe uygulanan CNC tezgâh üretimleri, otomasyon sistemleri gibi yüksek teknolojik unsurların önemli bir etkisi vardır. Bu bağlamda kereste ve mobilya gibi alt sektörlerde birçok ulusal makina kalite ve fiyat açısından uluslararası düzeyde rekabet edebilmektedir (Koç vd, 2017).

Türkiye İhracatçılar Meclisi (2021) ihracat raporuna göre, Türkiye’de mobilya, kâğıt ve orman ürünleri küresel ithalatın sektör içindeki payı (1.000 dolar ) düzeyinde, 2019 yılında 390.956.041 dolar ve 2020 yılında ise 354.696.326 dolar olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılından 2020 yılına giderken ithalat düzeyinde % 9,3 ‘lük bir düşüş yaşanmıştır.

Küreselleşme ile birlikte iletişim teknolojilerinin artması, dünya genelinde finansal piyasalara ulaşılmasını daha olanaklı hale getirmiştir. Bu piyasalarda faaliyet gösteren yatırımcılar, çok çeşitli bilgilere ulaşabilmekte ve finansal enstrümanlara yatırım yapabilmektedirler. Bu bağlamda finansal araçların değer oluşumunda aralarında meydana gelen nedensellik ilişkilerinin ve bu araçların değerlerinin birlikte hareket edip etmediğini tespit eden eşbütünleşme ilişkilerinin bilinmesi sermayedarlar, yatırımcılar ve diğer ilgili kişi ve kurumlar tarafından çok önemlidir Ülkelerin hisse senetleri piyasalarının, diğer ülkelerin hisse senetleri piyasası ile ilişkileri, türev ürünler ile ilişkileri ve döviz kurları ile ilişkileri akademik literatürde kendine yer bulan konulardandır.

Çalışmada kullanılan BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile Vadeli Kereste İşlemleri (LBc1), Avrupa Orman- Kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin değişkenlerini ve bu değişkenlerin eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerini içeren ulusal ve uluslararası literatüre rastlanmamış olup literatürde orman ve orman ürünleri ve diğer değişkenleri içeren ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan yakın bir takım çalışmalara bakıldığında;

Apan ve Öztel (2020) BIST Orman Kâğıt Basım Endeksi’nde işlem gören 15 adet firmanın 2011-2018 dönemini kapsayan nakit akım odaklı finansal performansları Bütünleşik Entropi-EDAS yöntemi kullanılarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Entropi ağırlıkları ortalamalarına göre, İşletme Faaliyetlerinden Nakit Akışları / Duran Varlıklar oranı, önem miktarı en büyük kriter olarak bulmuşlardır. Ayrıca EDAS yöntemiyle yapılan performans sıralamalarında, KARTN firmasını en başarılı firma olarak tespit etmişlerdir. Kurt vd., (2021) Türkiye kâğıt ürünleri, orman ürünleri ve mobilya sektörlerinde yer alan on beş işletmenin finansal performansını 2018-2019 pandemi öncesi ve 2020 pandemi dönemi için Entropi temelli PROMETHEE yöntemiyle incelemişlerdir. Analiz sonucunda ALKA ve SUMAS hissesinin en iyi performansı gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yıldız ve Erdoğan (2020) BIST Orman Kâğıt Basım Endeksi’nde işlem gören firmaların 2014-2018 tarih aralığında finansal performanslarını finansal oranlar kullanarak TOPSIS yöntemi ile incelemişlerdir. İnceleme sonucunda 2014-2016 tarih aralığında en iyi performansı gösteren üç firmanın sıralamasının değişmediği, diğer yıllarda ise farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Karadeniz vd., (2021) Türkiye’de kağıt ve kağıt ürünleri imalat sektöründeki işletmelerin 2009-2019 yılları arasındaki finansal performanslarını oran analizi kullanarak ve finansal başarısızlık risklerini de Altman Z skor ve Springate Z skor modelleriyle ölçek temelinde incelemişlerdir. Çalışma sonucunda firmaların ölçekleri büyüdükçe likidite, finansal yapı ve karlılık performanslarının arttığını, faaliyet performansının ise değişkenlik gösterdiğini bulmuşlardır. Üçüncü vd., (2018) BIST’ da işlem gören kağıt sektöründeki 7 firmanın 2016 yılı verileri ile 10 adet finansal oran vasıtasıyla Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden TOPSIS yöntemi ile finansal performansları incelenmiştir. Araştırma sonucunda firmaların finansal performans sıralaması ALKA, KARTN, VKING, BAKAB, TIRE, OLMIP ve KAPLM olarak tespit edilmiştir.

Önder ve Önder (2009) Orman ürünleri sanayi ve büyüme arasında ilişkiyi 1996–2007 dönemi aralığında üçer aylık veriler kullanarak Engle-Granger nedensellik testi ve Johansen eşbütünleşme testi ile araştırmışlardır. Analiz sonucuna göre, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olmadığını ve orman ürünleri ihracatı ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Akyüz vd., (2018) BIST' de yer alan kâğıt ve kâğıt ürünleri basım ve yayın sektörüne ait 14 firmanın 2012 – 2017 dönemlerindeki finansal performansları finansal oranlar yardımı ile Çok Kriterleri Karar Verme tekniklerinden TOPSİS, PROMETHEE ve COPRAS yöntemi ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda TOPSİS ve PROMETHEE yönteminin yakın sonuçlara sahip olduğu, COPRAS yönteminin ise 2013 ve 2017 yılları arasında diğer iki yöntemle çelişkili sonuçlar olduğu görülmüştür. 2016 yılında bütün yöntemlerde DGZTE firmasının finansal performans olarak en iyi bulunurken, HURGZ en kötü performans gösterdiği tespit edilmiştir. Smyth ve Nandha (2003) Bangladeş, Hindistan, Pakistan ve Sri Lanka'da döviz kurları ile hisse senedi fiyatları arasındaki ilişkiyi 1995-2001 tarih aralığında günlük veriler kullanarak incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre, Engle-Granger iki aşamalı test ve Johansen eşbütünleşme yöntemlerine göre değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır. Granger nedensellik testine göre Hindistan'da ve Sri Lanka'da döviz kurlarından hisse senedi fiyatlarına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuş olup Bangladeş ve Pakistan'da herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Tripathi ve Sethi (2010) çalışmalarında, Hindistan borsasının Japonya, İngiltere, ABD ve Çin borsaları ile entegrasyonunu 1 Ocak 1998 - 31 Ekim 2008 tarih aralığında Engle - Granger eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi kullanarak incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre, Hindistan borsasının ABD dışında bu piyasaların hiçbirisiyle entegre olmadığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile vadeli kereste işlemleri (LBc1), Avrupa orman- kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin' in eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerini ortaya koymaktır. Bu çalışmada yer alan değişkenlerin birlikte yer aldığı, eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerini içeren ulusal ve uluslararası literatüre rastlanmamış olup bu durum çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır.

## 2. Material and Method

### 2.1. Materyal

Çalışmada BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile vadeli kereste işlemleri (LBc1), Avrupa orman-kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin' in eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri Engle Granger Eşbütünleşme testi ve Granger Nedensellik testi ile analiz edilmiştir.

Borsa İstanbul'da faaliyette bulunan BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile vadeli kereste işlemleri (LBc1), Avrupa orman- kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin' in eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerinin araştırıldığı çalışmada, 2.1.2015-22.10.2021 dönemlerinde ilgili değişkenlerin günlük açılış değerleri kullanılmıştır. Çalışmada değişkenlere ait seriler investing veri tabanından elde edilmiştir (URL 1, 2021). Ayrıca tüm değişkenlerin logaritmaları alınmıştır. Çalışmada kullanılan Augmented Dickey-Fuller birim kök testi, Engle Granger Eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi analizleri için Eviews ekonometrik programı kullanılmıştır. BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksine dahil olan Borsa İstanbul bünyesinde yer alan 16 şirketin isimleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1  
BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) Endeksi

BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) Hisseleri			
Viking Kağıt ve Selüloz A.Ş.	Bak Ambalaj San.	Doğan Burda	Duran Doğan
Olmuksan	Gentaş	Hürriyet Gazete	Prizma Pres
Kaplamin Ambalaj	İhlas Gazetecilik A.Ş.	Kelebek Mobilya	Mondi Tire
Europap Tezol Kağıt Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Kartonsan San. ve Tic. A.Ş.	Saray Matbaacılık	Alkim Kağıt San. ve Tic. A.Ş.

## 2.2. Metot

Çalışmada kullanılan regresyon modeli şu şekilde oluşturulmuştur (Çütçü ve Kan, 2018);

$$BISTOKB_t = \beta_0 + \beta_1 VADKER + \beta_2 STOCK + \beta_3 HEL + \beta_4 DOLAR + \beta_5 EURO + \beta_6 STERLİN + \varepsilon_t$$

### 2.2.1. Engle- Granger Eşbütünleşme Testi

Araştırmacılar tarafından en sık kullanılan eşbütünleşme testi Engle- Granger (1987)' dir. Bu test kalıntılara sayesinde yapılan bir testtir. Engle- Granger testinin ilk aşamasında birinci dereceden durağan olan iki değişken arasında aşağıdaki belirtilen gibi bir regresyon oluşturulmaktadır (Yılancı, 2009).

$$y_t = a_0 + a_1 x_t + u_t$$

İkinci aşamada ise bu regresyondan oluşturulan kalıntılarla aşağıda gösterilen bir otoregresif model kurulup, kalıntıların durağan olup olmaması incelenmektedir.

$$\Delta u_t = \rho u_{t-1} + e_t$$

Bu modelde  $\rho = 0$  olursa, kalıntıların birim köke sahip olduğu, bu yüzden iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin oluşmadığı şeklinde açıklanabilir (Yılancı, 2009).

İki değişken arasında uzun dönemli ilişkiyi açıklayabilmek için Engle Granger Eşbütünleşme testi yapılmıştır. Bu yöntemle göre değişkenlerin aynı seviyede durağan oldukları varsayılmaktadır. Durağanlık düzeyi belli olan değişkenlerle ilgili yeni regresyon oluşturulur ve regresyona ait kalıntıların yani hata düzeltme modelinin düzey değerinde durağanlığı araştırılır. Eğer düzey değerinde durağan olursa değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinden bahsedilir (Dilber ve Kılıç, 2018). Engle Granger eşbütünleşme testi, aynı seviyede bütünlük ilişkisi içeren iki denklemin hata terimlerine yapılan Genişletilmiş Dickey-Fuller birim kök testidir (Kuştepeli ve Bilman, 2009).

### 2.2.2. Granger Nedensellik Testi

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi ve bu ilişkinin yönünü belirleyebilmek adına Granger (1969) tarafından geliştirilmiş olan nedensellik testi yapılacaktır. Granger nedensellik testi şu şekilde oluşturulmuştur (Öztürk ve Sezen, 2018).

$$Y_t = \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-1} + u_t \quad (1)$$

$$X_t = \sum_{i=1}^m \gamma_i X_{t-1} + \sum_{i=1}^m \delta_i Y_{t-1} + v_t \quad (2)$$

Denklemlerde m optimal gecikmeyi açıklamaktadır. Bu gecikme, birtakım bilgi kriterleri vasıtasıyla oluşturulabilmektedir. Granger nedensellik testi, bağımsız değişkene ait gecikme seviyelerinin, belirli bir anlamlılık düzeyinde, sifıra eşit olmasının test edilmesiyle oluşturulmaktadır. (1) no' lu denklemde belirtilen  $\beta_i$  katsayılarının belirli bir anlamlılık düzeyinde sifırdan farklı bir değer bulunduğu takdirde, X' in Y'nin bir nedeni olduğu şeklinde açıklanabilmekte, (2) no' lu denklemde de  $\delta_i$  katsayılarının da belirli bir anlamlılık düzeyinde, sifırdan farklı bir değer bulunması da Y'nin X'in bir nedeni olduğu şeklinde açıklanabilmektedir (Öztürk ve Sezen, 2018).

## 3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 2'de (XKAGT), (LBC1), (HX551010PI), (SX551010PI), Dolar, Euro ve Sterlin fiyatlarına ait tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.



Tablo 2

Değişkenlerin getiri serilerine ait tanımlayıcı istatistikler

	(XKAGT)	(LBc1)	(HX551010PI)	(SX551010PI)	Dolar	Euro	Sterlin
Ortalama	6.378183	6.002903	7.463348	7.696752	1.510747	1.639606	1.808745
Medyan	6.158799	5.909983	7.495025	7.667673	1.438721	1.623242	1.764320
Maksi- mum	7.752537	7.424762	7.877462	8.362339	2.253279	2.403733	2.574831
Minimum	5.770225	5.376204	6.928920	7.213459	0.824965	0.964967	1.242193
Standart Sapma	0.543917	0.389394	0.239664	0.287774	0.392486	0.410517	0.366630
Çarpıklık	1.173895	1.219699	-0.267592	0.517201	0.130527	0.150263	0.364696
Basıklık	3.025989	4.337100	2.002605	2.380825	1.659070	1.729429	1.832485
Jarque- Bera	367.2899	515.5778	85.36115	96.83062	124.3385	113.5734	126.2614
Olasılık Gözlem Sayısı	0.000000 1599	0.000000 1599	0.000000 1599	0.000000 1599	0.000000 1599	0.000000 1599	0.000000 1599

Çalışmada kullanılan değişkenlerin durağan yapıda olması için birim kök testleri yapılır. Eğer bir veri birim kök içeriyorsa, bu durum ilgili verinin durağan olmadığı anlamına gelmektedir. Augmented Dickey-Fuller (1979) birim kök testi sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3

ADF Birim Kök Testi sonuçları

Değişkenler	Durağanlık seviyesi	ADF Test İstatistiği	Olasılık
(XKAGT)	1.Fark	-37.56119	0.0000
(LBc1)	1.Fark	-39.22704	0.0000
(HX551010PI)	1.Fark	-38.27120	0.0000
(SX551010PI)	1.Fark	-39.32960	0.0000
Dolar	1.Fark	-20.42136	0.0000
Euro	1.Fark	-20.58646	0.0000
Sterlin	1.Fark	-20.14289	0.0000

Tablo 3'te yer alan Augmented Dickey-Fuller birim kök testi sonuçlarına göre (XKAGT), (LBc1), (HX551010PI), (SX551010PI), Dolar, Euro ve Sterlin değişkenlerinin 1. fark değerlerinde durağan olduğu görülmektedir. Engle Granger Eşbütünleşme testi sonuçları için ilgili değişkenlerin regresyon denklem değerleri ve regresyon analizi için hata teriminin ADF olasılık değerleri oluşturulmuştur. (XKAGT) ve (LBc1) değişkenleri regresyon denklemi değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.

(XKAGT) ve (LBc1) değişkenlerinin regresyon denklemi değerleri

Regresyon Denklemi Değerleri	F istatistik olasılığı değeri	Olasılık değeri
(XKAGT) ve (LBc1) Değişkenleri	0.113561	0.1136

Tablo 4'te belirtilen, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeks değişkenleri regresyon denklemi değerlerine göre F istatistik olasılığı ve denklemin genel olasılık değeri 0,05' ten büyük olduğu için (XKAGT) ve (LBc1) regresyon denklemi kurulamamakta olup değişkenler arasında herhangi bir eşbütünleşme ilişkisinden bahsedilememektedir. (XKAGT) ve (HX551010PI) değişkenleri regresyon denklemi değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5

(XKAGT) ve (HX551010PI) değişkenlerinin regresyon denklemi değerleri

Regresyon Denklemi Değerleri	F istatistik olasılığı değeri	Olasılık değeri
(XKAGT) ve (HX551010PI) Değişkenleri	0.000007	0.0000

Tablo 5’te belirtilen, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeks değişkenleri regresyon denklemi değerlerine göre F istatistik olasılığı ve denklemin genel olasılık değeri 0,05’ ten küçük olduğu için regresyon denklemi kurulmuş olup (XKAGT) ve (VADKER) regresyon analizinin hata terimi değerleri Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6  
(XKAGT) ve (HX551010PI) değişkenlerinin regresyon analizinin hata terimi değerleri

(XKAGT) ve (HX551010PI) Değişkenleri Regresyon Analizinin Hata Terimi	t İstatistik Değeri	ADF Olasılık Değeri (Düzy)
Sabit terimli	-38.26948	0.0000
Sabit terimli ve Trendli	-38.29869	0.0000
Sabit terimsiz ve Trendsiz	-38.28147	0.0000

Tablo 6’ ya göre BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeks değerleri, sabit terimli, sabit terimli ve trendli, sabit terimsiz ve trendsiz durumlarda, ADF olasılık değeri düzeyde 0,05’ ten küçük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinden bahsedilmekte olup bu değişkenler uzun dönemde birlikte dengeye gelmektedir. (XKAGT) ve (SX551010PI) değişkenleri regresyon denklemi değerleri Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7  
(XKAGT) ve (SX551010PI) değişkenlerinin regresyon denklemi değerleri

Regresyon Denklemi Değerleri	F istatistik olasılığı değeri	Olasılık değeri
(XKAGT) ve (SX551010PI) Değişkenleri	0.000021	0.0000

Tablo 7’de belirtilen, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) endeks değişkenleri regresyon denklemi değerlerine göre F istatistik olasılığı ve denklemin genel olasılık değeri 0,05’ ten küçük olduğu için regresyon denklemi kurulmuş olup (XKAGT) ve (SX551010PI) regresyon analizinin hata terimi değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8  
(XKAGT) ve (SX551010PI) değişkenlerinin regresyon analizinin hata terimi değerleri

(XKAGT) ve (SX551010PI) Değişkenleri Regresyon Analizinin Hata Terimi	t İstatistik Değeri	ADF Olasılık Değeri (Düzy)
Sabit terimli	-38.15337	0.0000
Sabit terimli ve Trendli	-38.17716	0.0000
Sabit terimsiz ve Trendsiz	-38.16533	0.0000

Tablo 8’e göre BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) endeks değerleri sabit terimli, sabit terimli ve trendli, sabit terimsiz ve trendsiz durumlarda, ADF olasılık değeri düzeyde 0,05’ ten küçük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinden bahsedilmekte olup bu değişkenler uzun dönemde birlikte dengeye gelmektedir. (XKAGT) ve Dolar değişkenleri regresyon denklemi değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9  
(XKAGT) ve dolar değişkenlerinin regresyon denklemi değerleri

Regresyon Denklemi Değerleri	F istatistik olasılığı değeri	Olasılık değeri
(XKAGT) ve Dolar Değişkenleri	0.000021	0.0000

Tablo 9’da belirtilen, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Dolar değişkenleri regresyon denklemi değerlerine göre F istatistik olasılığı ve denklemin genel olasılık değeri 0,05’ ten küçük olduğu için regresyon denklemi kurulmuş olup (XKAGT) ve Dolar değişkenleri regresyon analizinin hata terimi değerleri Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10

(XKAGT) ve dolar değişkenlerinin regresyon analizinin hata terimi değerleri

(XKAGT) ve Dolar Değişkenleri Regresyon Analizinin Hata Terimi	t İstatistik Değeri	ADF Olasılık Değeri (Düzy)
Sabit terimli	-37.61309	0.0000
Sabit terimli ve Trendli	-37.64292	0.0000
Sabit terimsiz ve Trendsiz	-37.62488	0.0000

Tablo 10'a göre BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Dolar değerleri sabit terimli, sabit terimli ve trendli, sabit terimsiz ve trendsiz durumlarda, ADF olasılık değeri düzeyde 0,05'ten küçük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinden bahsedilmekte olup bu değişkenler uzun dönemde birlikte dengeye gelmektedir. (XKAGT) ve Euro değişkenleri regresyon denklemi değerleri Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11

(XKAGT) ve euro değişkenlerinin regresyon denklemi değerleri

Regresyon Denklemi Değeri	F istatistik olasılığı değeri	Olasılık değeri
(XKAGT) ve Euro Değişkenleri	0.000000	0.0000

Tablo 11'de belirtilen, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Euro değişkenleri regresyon denklemi değerlerine göre F istatistik olasılığı ve denklemin genel olasılık değeri 0,05' ten küçük olduğu için regresyon denklemi kurulmuş olup (XKAGT) ve Euro değişkenleri regresyon analizinin hata terimi değerleri Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12

(XKAGT) ve euro değişkenlerinin regresyon analizinin hata terimi değerleri

(XKAGT) ve Euro Değişkenleri Regresyon Analizinin Hata Terimi	t İstatistik Değeri	ADF Olasılık Değeri (Düzy)
Sabit terimli	-37.53870	0.0000
Sabit terimli ve Trendli	-37.56931	0.0000
Sabit terimsiz ve Trendsiz	-37.55047	0.0000

Tablo 12'ye göre BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Euro değerleri sabit terimli, sabit terimli ve trendli, sabit terimsiz ve trendsiz durumlarda, ADF olasılık değeri düzeyde 0,05'ten küçük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinden bahsedilmekte olup bu değişkenler uzun dönemde birlikte dengeye gelmektedir. (XKAGT) ve Sterlin değişkenleri regresyon denklemi değerleri Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13

(XKAGT) ve sterlin değişkenlerinin regresyon denklemi değerleri

Regresyon Denklemi Değeri	F istatistik olasılığı değeri	Olasılık değeri
(XKAGT) ve Sterlin Değişkenleri	0.000001	0.0000

Tablo 13'te belirtilen, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Sterlin değişkenleri regresyon denklemi değerlerine göre F istatistik olasılığı ve denklemin genel olasılık değeri 0,05' ten küçük olduğu için regresyon denklemi kurulmuş olup (XKAGT) ve Sterlin değişkenleri regresyon analizinin hata terimi değerleri Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14

(XKAGT) ve sterlin değişkenlerinin regresyon analizinin hata terimi değerleri

(XKAGT) ve Sterlin Değişkenleri Regresyon Analizinin Hata Terimi	t İstatistik Değeri	ADF Olasılık Değeri (Düzy)
Sabit terimli	-37.46938	0.0000
Sabit terimli ve Trendli	-37.50006	0.0000
Sabit terimsiz ve Trendsiz	-37.48113	0.0000

Tablo 14'e göre BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) ve Sterlin değerleri sabit terimli, sabit terimli ve trendli, sabit terimsiz ve trendsiz durumlarda, ADF olasılık değeri düzeyde 0,05'ten küçük olduğu için değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinden bahsedilmekte olup bu değişkenler uzun dönemde birlikte dengeye gelmektedir

Değişkenler arasında nedensellik ilişkisi için Granger nedensellik testi ile analiz edilecektir. Granger nedensellik testine geçmeden önce seriler için uygun gecikme uzunlukları belirlenir. BIST ORMAN KAĞIT BASIM (XKAGT) endeksi ile vadeli kereste işlemleri (LBc1), Avrupa orman- kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin arasındaki uygun gecikme uzunlukları tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 15

Serilerin uygun gecikme uzunlukları

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	8787.599	NA	3.90e-14	-11.01016	-10.98657	-11.00140
1	33754.59	49683.53	1.05e-27	-42.25529	-42.06659*	-42.18521
2	33874.48	237.5256	9.61e-28	-42.34418	-41.99036	-42.21278*
3	33926.53	102.6515	9.58e-28	-42.34800	-41.82907	-42.15527
4	33979.18	103.3912*	9.53e-28*	-42.35258*	-41.66853	-42.09853

Tablo 15'e göre (XKAGT), (LBc1), (SX551010PI), (HX551010PI), Dolar, Euro ve Sterlin serileri arasındaki uygun gecikme uzunlukları Akaike bilgi kriterine göre 4 gecikme olarak bulunmuştur. Uygun gecikme uzunluğu bulunduktan sonra ilgili gecikme uzunluğuna göre oluşturulan Granger nedensellik testi yapılmıştır.

Tablo 16

XKAGT değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken XKAGT	Ki-Kare	df	Olasılık
VADELİ KERESTE	1.219735	2	0.5434
STOCKHOLM	7.948861	2	0.0188
STERLİN	5.110787	2	0.0777
HELSİNKİ	8.019533	2	0.0181
DOLAR	1.331591	2	0.5139
EURO	1.162226	2	0.5593
Tüm Değişkenler	64.05732	12	0.0000

Tablo 16'ya göre, bağımlı değişken olarak (XKAGT) endeksi ile Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeksi arasında %5 önem seviyesinde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeksinden (XKAGT) endeksine doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Tablo 17

Vadeli Kereste (LBc1) değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken Vadeli Kereste	Ki-Kare	df	Olasılık
XKAGT	7.779674	2	0.0204
STOCKHOLM	0.097030	2	0.9526
STERLİN	3.539766	2	0.1704
HELSİNKİ	0.947638	2	0.6226
DOLAR	0.590522	2	0.7443
EURO	2.022051	2	0.3638
Tüm Değişkenler	22.52531	12	0.0320

Tablo 17'deki sonuçlara göre, bağımlı değişken olan Vadeli Kereste endeksi ile (XKAGT) endeksi arasında %5 önem seviyesinde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. (XKAGT) endeksinden Vadeli Kereste endeksine doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Tablo 18

Stockholm Forestry &amp; Paper (SX551010PI) endeks değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken (STOCKHOLM)	Ki-Kare	df	Olasılık
XKAGT	2.086248	2	0.3524
VADELİ KERESTE	4.811114	2	0.0902
STERLİN	4.333758	2	0.1145
HELSİNKİ	4.806922	2	0.0904
DOLAR	0.516637	2	0.7723
EURO	1.443205	2	0.4860
Tüm Değişkenler	28.32859	12	0.0050

Tablo 18'e göre, bağımlı değişken olarak Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) endeksine doğru %5 önem seviyesinde bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Tablo 19

Helsinki Forestry &amp; Paper (HX551010PI) endeks değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken (HELSİNKİ)	Ki-Kare	df	Olasılık
XKAGT	4.589085	2	0.1008
VADELİ KERESTE	5.600902	2	0.0608
STOCKHOLM	18.92063	2	0.0001
STERLİN	10.30273	2	0.0058
DOLAR	1.918379	2	0.3832
EURO	4.264363	2	0.1186
Tüm Değişkenler	46.81260	12	0.0000

Tablo 19'da bulunan sonuçlara göre, bağımlı değişken olarak Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeksi ile Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) endeksi ve Sterlin arasında %5 önem seviyesinde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Sterlin ve Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) endeksinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI) endeksine doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Tablo 20

Sterlin değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken STERLİN	Ki-Kare	df	Olasılık
XKAGT	11.58710	2	0.0030
VADELİ KERESTE	0.146556	2	0.9293
STOCKHOLM	4.100301	2	0.1287
HELSİNKİ	1.054358	2	0.5903
DOLAR	6.703742	2	0.0350
EURO	4.444054	2	0.1084
Tüm Değişkenler	33.24449	12	0.0009

Tablo 20' de bulunan sonuçlara göre, bağımlı değişken olarak Sterlin ile (XKAGT) endeksi ve Dolar arasında %5 önem seviyesinde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. (XKAGT) endeksi ve Dolar değişkenlerinden Sterlin değişkenine doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Tablo 21

## Dolar değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken DOLAR	Ki-Kare	df	Olasılık
XKAGT	19.37312	2	0.0001
VADELİ KERESTE	0.663956	2	0.7175
STOCKHOLM	3.182588	2	0.2037
STERLİN	2.504343	2	0.2859
HELSİNKİ	0.431384	2	0.8060
EURO	1.050240	2	0.5915
Tüm Değişkenler	31.80720	12	0.0015

Tablo 21’de bulunan sonuçlara göre, bağımlı değişken olarak Dolar ile (XKAGT) endeksi arasında %5 önem seviyesinde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. (XKAGT) endeksinden Dolar değişkenine doğru bir nedensellik bulunmuştur.

Tablo 22

## Euro değişkeninin Granger Nedensellik Testi

Bağımlı Değişken EURO	Ki-Kare	df	Olasılık
XKAGT	13.30992	2	0.0013
VADELİ KERESTE	0.782536	2	0.6762
STOCKHOLM	4.763081	2	0.0924
STERLİN	2.901561	2	0.2344
HELSİNKİ	2.366639	2	0.3063
DOLAR	12.63322	2	0.0018
Tüm Değişkenler	60.73894	12	0.0000

Tablo 22’de bulunan sonuçlara göre, bağımlı değişken olarak Euro ile (XKAGT) endeksi ve Dolar arasında %5 önem seviyesinde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. (XKAGT) endeksi ve Dolar değişkeninden Euro değişkenine doğru bir nedensellik bulunmuştur.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Hisse senetleri piyasaları ve bu piyasalarla ilişkili olduğu düşünülen diğer finansal yatırım araçları yatırımcıların çok fazla ilgisini çekmektedir. Yatırımcıların finansal araçlar ve ilişkili olduğu tüm unsurlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olması yatırım kararlarını etkileyebilecektir. Günümüz ekonomilerinde ülkelerdeki orman endüstrisi ve şirketleri çok önemli bir konuma gelmiştir. BIST’ te yer alan Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi de yatırım yapılan hisse senedi piyasaları arasında yer almaktadır. Çalışmada BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile vadeli kereste işlemleri (LBc1), Avrupa orman- kağıt endekslerinden Helsinki Forestry & Paper (HX551010PI), Stockholm Forestry & Paper (SX551010PI) ve döviz kurları olarak da Dolar, Euro ve Sterlin’ in eşbütünleşme ve nedensellik ilişkileri Engle Granger Eşbütünleşme testi ve Granger Nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Çalışmada ilk olarak araştırmanın modeli kurulmuş olup daha sonra tanımlayıcı istatistikler, birim kök testi yapılmış ve ilgili değişkenler arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerini ortaya koymak adına Engle Granger Eşbütünleşme testi ve Granger Nedensellik testi kullanılmıştır. Ulusal ve uluslararası literatür incelendiğinde BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile ilgili değişkenlerin yer aldığı, eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerinin incelendiği araştırmalara rastlanılmamıştır. Bu anlamda çalışmanın özgünlük sunabileceği ve literatüre katkı oluşturması düşünülmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre, (XKAGT) endeksi ile (HX551010PI), (SX551010PI), Dolar, Euro ve Sterlin arasında Engle Granger eşbütünleşme ilişkisi bulunmuş olup, (LBc1) ile eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır. Değişkenlerle ilgili VAR Granger nedensellik testine göre; (SX551010PI) ve HX551010PI endeksinden (XKAGT) endeksine, (XKAGT) endeksinden (LBc1) endeksine, (SX551010PI) endeksinden ve Sterlin değişkeninden (HX551010PI) endeksine, (XKAGT) endeksi ve Dolar değişkeninden Sterlin değişkenine, (XKAGT) endeksinden Dolar değişkenine, (XKAGT) endeksi ve Dolar değişkeninden Euro değişkenine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisine rastlanılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçların, BIST Orman Kağıt Basım (XKAGT) endeksi ile yatırım yapmak isteyen yatırımcılara, ilgili şirketlere ve diğer ilgili unsurlara yatırım kararı konusunda yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma, bağımsız değişken olarak farklı makroekonomik faktörlerin eklenmesi ile yeni yapılacak araştırmalar için yol gösterici olabilir.

## Kaynaklar

- Akyüz F., Yeşil T., Kara İ. ve Ersoy G., (2018). BIST’de işlem gören Kağıt ve Kağıt Ürünleri Basım ve Yayın işletmelerinin Topsis, Promethee ve Copras yöntemleriyle finansal performanslarının belirlenmesi, *Business & Management Studies: An International Journal*, (2018), 6(3): 293-314.
- Apan, M. ve Öztel, A. (2020). Bütünleşik Entropi-EDAS yöntemi ile nakit akım odaklı finansal performans analizi: BIST Orman, Kağıt, Basım Endeksi’nde işlem gören firmaların 2011-2018 dönem verisinden kanıtlar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2020, 22 (1), 170-184.
- Alevli, C. ve Yıldırım, İ. (2016). Türkiye’deki bazı orman ürünleri dış ticaretinin karşılaştırmalı analizi. *Ormancılık Dergisi*, 12(1), 83-95.
- Altunel, T. A. (2012). Odun dışı orman ürünlerinin toplayıcı/üretici açısından sosyoekonomik önemi. *Journal of the Faculty of Forestry*, 62(1), 85-99.
- Çütçü, İ. ve Kan, E. (2018). Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarını etkileyen faktörler: Türkiye örneği. *Sakarya İktisat Dergisi*, 7(3), 1-21.
- Dickey, D. A. and Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root, *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Dilber, İ. ve Kılıç, J. (2018). Türkiye’de turizm gelirleri ile ekonomik büyüme ilişkisi: ENGLE GRANGER eşbütünleşme testi ve VAR model. *TESAM Akademi Dergisi*, 5(2), 95-118.
- Engle, R. F. and Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica*, 37 (3) 424-438.
- Kurt, R., İmren E. ve Karayılmazlar, S. (2021). Türkiye orman endüstri sektörü altında faaliyet gösteren kağıt, orman ve mobilya firmalarının finansal performanslarının Entropi Temelli PROMETHEE yöntemiyle analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2021, 23 (2), 545-554.
- Karadeniz, E., İskenderoğlu, Ö. ve Öcek, C. (2021). Kağıt ve kağıt ürünleri imalat sektörünün finansal performansının ölçek temelinde analizi: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası sektör bilançolarında bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 160-171.
- Koç, K. H., Dilik, T. ve Kurtoğlu, A. (2017). Türkiye orman ürünler endüstrisine stratejik bir bakış, IV. Ulusal Ormancılık Kongresi, 483-495.
- Kuştepe, Y. ve Bilman, M. (2009). Türkiye’de vergiler ve büyüme arasındaki uzun dönem ilişkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 10(1), 119-130
- Önder, K. ve Önder, E. (2009). Ormancılık sektörünün ekonomik büyüme üzerine etkisi: Türkiye örneği. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 444-450.
- Öztürk, S. ve Sezen, S. (2018). Ekonomik büyüme ile işsizlik arasındaki ilişkinin analizi: Türkiye örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(41), 1-14.
- Smyth, R. and Nandha, M. (2003). Bivariate causality between exchange rates and stock prices in South Asia. *Applied Economics Letters*, 10(11), 698-704.
- Tarım Orman Şurası (2019). Orman kaynaklarından faydalanma grubu çalışma belgesi, Ankara, 1-31. <https://cdn.iys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/330/DosyaGaleri/956/21%20Orman%20Kaynaklar%20C4%B1ndan%20Faydalanma%20Grubu%20C3%87al%20C4%B1%20C5%9Fma%20Belgesi.pdf>
- Tripathi, V. and Sethi, S. (2010). Integration of Indian stock market with world stock markets. *Asian Journal of Business and Accounting*, 3(1), 117-134.
- T. C. Kalkınma Bakanlığı On Birinci Kalkınma Planı. (2019-2023). Ormancılık ve orman ürünleri çalışma grubu raporu. ANKARA, 1-87. [https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2020/04/Ormancilik\\_ve\\_Orman\\_UrunleriCalismaGrubuRaporu.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2020/04/Ormancilik_ve_Orman_UrunleriCalismaGrubuRaporu.pdf)
- Türkiye İhracatçılar Meclisi. (2021). İhracat 2021 Raporu, 1-145. [https://tim.org.tr/files/downloads/Strateji\\_Raporlari/TIM\\_Ihracat\\_2021\\_Raporu.pdf](https://tim.org.tr/files/downloads/Strateji_Raporlari/TIM_Ihracat_2021_Raporu.pdf)
- URL 1. [www.investing.com](http://www.investing.com), (Erişim Tarihi: 2021)
- Üçüncü, T., Akyüz, K. C., Akyüz, İ., Bayram, B. Ç. and Ersen, N. (2018). Evaluation of financial performance of paper companies traded at BIST with TOPSIS method. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18 (1): 92-98.
- Yılancı, V. (2009). Fisher hipotezinin Türkiye için sınanması: Doğrusal olmayan eşbütünleşme analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, C23(4), 205-213.
- Yıldız, B. ve Erdoğan, M. (2020). Orman, kağıt ve basım sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin finansal performanslarının ölçülmesi: Borsa İstanbul’da bir TOPSİS uygulaması. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12 (1 ), 938-954.



# Alkali Konsantrasyonunun Odun Unu Dolgulu PVC Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisi

Nasır NARLIOĞLU<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

## Makale Tarihi

Gönderim: 03.02.2022

Kabul: 23.03.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Bu çalışma, modifiye edilmiş odun ununun termoplastik kompozitler üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, farklı konsantrasyonlarda (%0-3-6-12) alkali (sodyum hidroksit (NaOH)) ile muamele edilmiş odun unu, polivinil klorür (PVC) polimerine ilave edilerek odun-PVC kompozitleri üretilmiştir. Alkali muamelesinin odun-PVC kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisini tespit etmek için çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve sertlik değerleri belirlenmiştir. Alkali ile muamele edilmiş odun unu içeren kompozit numunelerin çekme direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri muamele edilmemiş odun unu içerenlerinkine kıyasla daha yüksek tespit edilmiştir. En yüksek çekme ve eğilme direnci değerleri %6 NaOH muameleli odun unu içeren kompozit numunesinde tespit edilmiştir. Ayrıca, kompozitlerin sertlik değerlerinin, alkali muamelesinden çok fazla etkilenmediği görülmüştür. Bunlara ek olarak, termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları, alkali muamelesinin kompozit malzemelerin termal kararlılığında artışa sebep olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Alkali muamelesi, mekanik özellikler, odun unu, polivinil klorür

# Effect of Alkaline Concentration on Mechanical Properties of Wood Flour Filled PVC Composites

<sup>1</sup> İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, İzmir, Turkey

## Article History

Received: 03.02.2022


Accepted: 23.03.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article

**Abstract** – This study was carried out to determine the effect of modified wood flour on thermoplastic composites. For this purpose, wood flour treated with alkali (sodium hydroxide (NaOH)) at different concentrations (0-3-6-12%) were added to polyvinyl chloride (PVC) polymer to produce wood-PVC composites. In order to determine the effect of alkali treatment on the mechanical properties of wood-PVC composites, tensile strength, tensile modulus, flexural strength, flexural modulus and hardness values were determined. It was determined that the tensile strength, flexural strength and modulus of elasticity values of the composite samples containing alkali-treated wood flour were higher than those containing untreated wood flour. The highest tensile and flexural strength values were determined in the composite sample containing 6% NaOH treated wood flour. In addition, it was observed that the hardness values of the composite samples were not affected much by the alkali treatment. In addition, thermogravimetric analysis (TGA) results showed that alkali treatment caused an increase in the thermal stability of composite materials.

**Keywords** – Alkali treatment, mechanical properties, wood flour, polyvinyl chloride

<sup>1</sup>  nasirnarlioglu@gmail.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Lignoselülozik dolgu maddeli kompozitler, hafif ve düşük maliyetli olmalarının yanı sıra çevre dostu olmaları nedeniyle hem bilimsel hem de ticari olarak büyük ilgi görmüşlerdir (Ashori, 2008; Lu vd., 2008; Kallakas vd., 2015). Cam, kil, taş yünü vd. inorganik dolgu maddelerine kıyasla, kenevir, jüt, odun unu gibi lignoselülozik dolgu maddelerinin yüksek özgül dirence sahip olmaları, çeşitli polimerlerle karışabilir olmaları, yenilenebilir bir kaynaktan elde edilmeleri ve ucuz olmaları sebebiyle polimer kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanımı oldukça yaygındır.

Polivinil klorür (PVC), en yaygın kullanılan termoplastiklerden biridir. Örneğin pencere ve kapı çerçeveleri, dış cephe kaplaması, borular, elektrik telleri, pencere profilleri ve diğer dış mekanlar için bina ve inşaatla birçok uygulama yerleri vardır (Ge vd., 2004; Wirawan vd., 2009; Khalil vd., 2013). PVC, çeşitli aşındırıcı sıvılara karşı olağanüstü kimyasal dirence sahiptir ve diğer termoplastiklerin çoğundan daha fazla direnç ve sertlik sunar (Wirawan vd., 2009). PVC, esas olarak yaygın kullanılan tuzdan (NaCl) üretilen kloro ihtiyaç duyar. Ağırlık bazında, klor toplam ağırlığın %56,8'ini oluşturur. Bu nedenle, PVC petrol ve doğal gaz fiyatlarından diğer polimerlere göre daha az etkilenir (Nass, 1985; Wirawan vd., 2009). PVC polimerinin, poliolefin (polietilen ve polipropilen gibi) polimerlerine kıyasla daha ucuz olması, farklı direnç isteklerine cevap verecek türlere sahip olması ve çeşitli katkı maddeleriyle özelliklerinin geliştirilebilir olması gibi birtakım avantajlarından dolayı çoğu plastik ve polimer kompozit üreticileri PVC'yi diğer polimerlere tercih etmektedirler. Son zamanlarda, odun lifi takviyeli PVC kompozitler, makul mekanik özellikleri yanı sıra düşük rutubet, biyolojik direnç, uzun ömür, ahşap benzeri yüzey performansı ve geri dönüştürülebilirlik nedenleriyle oldukça ilgi çekicidirler (Clemons, 2002; Clemons ve Ibach, 2004).

Doğal lifler: odun dışı lifler ve odun lifleri olarak iki kategoride sınıflandırılabilir. Odun unu şeklindeki doğal lifler, doğal lif takviyeli kompozitlerin hazırlanmasında sıklıkla kullanılmıştır (Wirawan vd., 2009). Doğal liflerin polimerlere katkı sağlayan birtakım özelliklere sahip olmalarının aksine bazı dezavantajları da vardır. Doğal liflerin en belirgin dezavantajları, lif ve polimer matris arasındaki zayıf uyum ve liflerin rutubet hassasiyetidir (Faruk vd., 2012; Oladele vd., 2019). Diğer yandan, doğal liflerin yapısında bulunan selüloz ve lignindeki hidroksil (OH) grupları nedeniyle bu lifler, kimyasal muamele için iyi bir potansiyele sahiptir. OH gruplarının reaksiyonu, doğal liflerin yüzey enerjisini ve polaritesini değiştirebilir (Ghasemi ve Farsi, 2010). Yüksek hidrofilik odun lifleri ile hidrofobik polimerler arasındaki zayıf uyumluluk, mekanik özelliklerin kaybıyla ilişkilidir. Bu nedenle, polimer matris ve odun unu arasındaki ara-yüzey yapışmasını geliştirmek için, odun ununun kimyasal modifikasyonu uygun bir çözümdür (Kallakas vd., 2015). Doğal liflerin özelliklerinin geliştirilmesi için birçok lif modifikasyonu yöntemleri mevcuttur. Bu modifikasyon yöntemleri arasında ısı işlemi, plazma ve korona muamelesi gibi fiziksel yöntemlerin yanında asetilasyon, silan ve alkali muamelesi gibi kimyasal yöntemler yaygın modifikasyon yöntemleridir (Hill, 2006; Rowell, 2006; Faruk vd., 2012). Merserizasyon olarak da adlandırılan selülozik liflerin alkali ile muamele işlemi, mikrofibril yapısını değiştirmek, hidrojen bağlarını bozmak, yüzey pürüzlülüğünü artırmak, safsızlıkları gidermek, yüksek kaliteli lifler üretmek ve üretilen bu liflerle polimer matrisi güçlendirmek, çoğu araştırmacılar tarafından sıklıkla başvurulan yöntemlerden biridir (Ray vd., 2001; Siregar vd., 2010; Cuebas vd., 2020). Alkali muamele ile selülozun kristalitesi artar, odun liflerinin safsızlıkları ve şişmesi azalır, bu da daha az sayıda OH grubu ile sonuçlanır (Kallakas vd., 2015). Alkali muamelesi veya merserizasyon işlemi, termoplastikleri ve termosetleri güçlendirmek için doğal liflere uygulanan yaygın kimyasal muamele yöntemlerinden biri olup, bu yöntemle hücre duvarının dış yüzeyini kaplayan belirli miktarda mum, yağ ve lignin giderilebilmektedir (Faruk vd., 2012). Ayrıca, alkali muamele yöntemi diğer kimyasal muamele yöntemlerine kıyasla daha ucuz bir yöntemdir (Aziz ve Ansell, 2004).

Bu çalışma, farklı konsantrasyonlardaki alkali muamelesinin odun-PVC kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla ilk önce sarıçam odun unu sodyum hidroksit (NaOH) ile muamele edilmiş, ardından PVC polimerine eklenerek kompozit malzemeler üretilmiştir. Bu çalışma,

literatürde sınırlı sayıda bulunan modifiye edilmiş lignoselülozik madde dolgulu PVC kompozitlerle ilgili yapılan çalışmalardan farklı olarak, NaOH ile muamele edilmiş sarıçam odununun PVC polimerine eklenmesiyle üretilen kompozit malzemelerin bazı özelliklerinin incelenmesi açısından diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Kompozit malzeme üretimi için dolgu maddesi olarak sarıçam (*Pinus sylvestris*) odununu kullanılmıştır. Sarıçam odunu Pakiş Kereste şirketinden (Kahramanmaraş, Türkiye), odununun alkali muamelesi için kullanılan sodyum hidroksit (NaOH) Merck firmasından temin edilmiştir. Ayrıca, kompozit üretimi için kullanılan PVC (polivinil klorür - K65) polimeri Petkim'den (Petrokimya Holding A.Ş.) temin edilmiştir. PVC polimeri, poliolefinlerden (polietilen, polipropilen) farklı olarak işlenmeleri esnasında yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında termal olarak stabil olmamaları sebebiyle bazı katkı maddelerine gereksinim duymaktadırlar. Bu çalışmada PVC'nin renk ve ısı stabilizasyonu için titanyum dioksit ( $TiO_2$ ), çinko stearat ( $CH_3(CH_2)_{16}COO)_2Zn$ ) ve epoksitlenmiş soya yağı (ESBO) kullanılmıştır. ESBO (Drapex 39), Polivinil Plastik Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'den (İstanbul, Türkiye), kalsit, titanyum dioksit ve çinko stearat ise Aker Kimya firmasından (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Dolgu Maddesi Hazırlığı ve Alkali Muamelesi

Dolgu maddesi olarak kullanılan sarıçam odununun, kompozit üretimine uygun hale getirilmesi için ilk önce keser yardımıyla yongalama işlemi yapılmıştır. Ardından, odun yongaları laboratuvar tipi öğütücüde öğütülmüştür. Daha sonra, öğütülmüş odununu sarsak elek vasıtasıyla parçacık boyutlarına göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için 40 – 60 mesh parçacık aralığındaki odununu kullanılmıştır. Elenerek tasnif edilmiş odununu oda sıcaklığında 6 saat süresince ayrı ayrı üç farklı konsantrasyonda (%3-6-12) NaOH çözeltisi ile muamele edilmiştir. NaOH çözeltisi hazırlığı için destile su kullanılmıştır. 6 saat sonunda odununu ve alkali (NaOH) karışımı saf su ile yıkanarak süzölmüş, ardından 103 °C'ye ayarlı fırında tam kuru hale gelinceye kadar kurulmuştur. Doğal liflerin alkali ile muamelesi işleminde, alkali (NaOH, KOH vb.) konsantrasyonunun %0,03 ile %40 arasında, işlem süresinin ise birkaç dakika ile 48 saat arasında olduğu bildirilmiştir (Bartos vd., 2020).

#### 2.2.2. Kompozit Malzeme Üretimi

Katkı maddeleri (%5 ESBO, %2 çinko stearat, %2 kalsit ve %1 titanyum dioksit) PVC polimerine ilave edildikten sonra iyice karıştırılmıştır. Ardından, odununu ve katkı maddeli PVC polimeri Tablo 1'de verilen oranlara göre kovan sıcaklık profili sırasıyla; 100-120-140-160-175 °C'ye, vida hızı 50 d/d'ye ayarlı laboratuvar tipi çift vidalı ekstruder vasıtasıyla karıştırılarak, bir adet muamele edilmemiş odununu dolgulu (kontrol), üç adet farklı konsantrasyonlarda alkali muameleli odununu dolgulu, toplam dört adet farklı kompozit karışım parametrelerinde odun-PVC kompozit peletleri üretilmiştir. Daha sonra, üretilen peletlerden hidrolik pres yardımıyla sıcak pres kalıplama tekniğine uygun (ASTM D4703-10), 250 x 250 x 3 mm ebatlarında levhalar üretilmiştir. Üretilen levhalar mekanik testler için standart boyutlara getirilmiş, ardından  $50 \pm 5$  bağıl nem ve  $23 \pm 2$  °C'de bir hafta süresince şartlandırılmıştır.

Tablo 1

## Kompozit malzeme karışım oranları

Numune kodu	NaOH konsantrasyonu (%)	Odun unu (%)	PVC (%)
PW0	0		
PW3	3	25	75
PW6	6		
PW12	12		

**2.2.3. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi**

Kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için sırasıyla, çekme direnci, eğilme direnci ve sertlik testleri yapılmıştır. Çekme ve eğilme direnci testleri 2 kN kapasiteli elektromekanik üniversal test makinesinde, sertlik testi ise dijital Shore D sertlik testi cihazında yapılmıştır. Çekme direnci ve eğilme direnci testleri sırasıyla ASTM D638 ve ASTM D790 standartlarına göre, sertlik testi ise ASTM D2240 standardına göre yapılmıştır.

**2.2.4. Termal Özelliklerin Belirlenmesi**

Kompozit malzemelerin termal analizleri, termogravimetrik analiz (TGA) cihazı (Shimadzu TA60) kullanılarak, oda sıcaklığından 600 °C'ye kadar, 10 °C/dk'lık ısıtma hızı ve 50 mL/dk'lık akış hızına ayarlı azot gazı atmosferinde gerçekleştirilmiştir.

**2.2.5. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizleri**

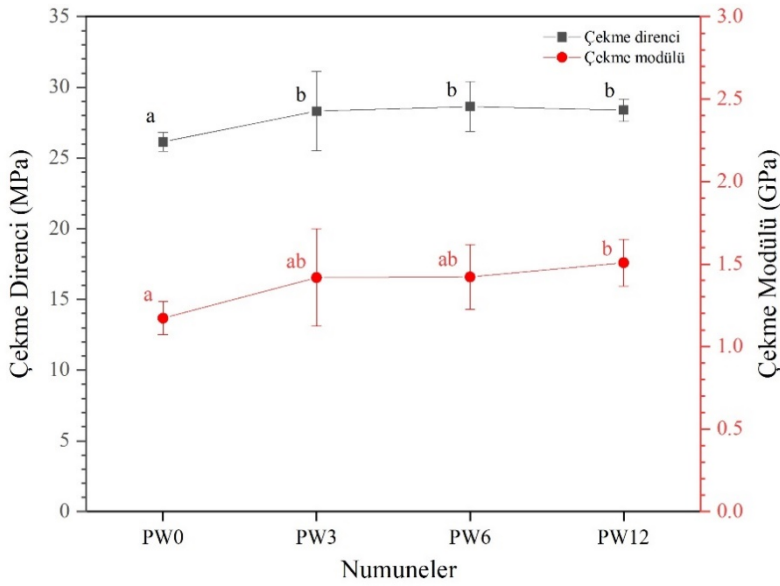
Alkali muamelesi sonrası odununun yapısında meydana gelen değişiklikleri incelemek için FTIR analizleri yapılmıştır. FTIR analizlerinden önce numuneler tam kuru hale gelinceye kadar kurutulup, fosfor pentaoksit bulunan desikatörde soğuyuncaya kadar bekletilmiştir. Kurutulmuş numuneler potasyum bromür (KBr) ile agat havanda karıştırıldıktan sonra KBr/numune peletleri elde edilmiştir. Numunelerin FTIR analizleri, Shimadzu 8400s FTIR spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır.

**2.2.6. İstatistiksel Analizler**

Mekanik test sonuçlarının birbirleriyle karşılaştırılması için SPSS programında (IBM SPSS Statistics-Version 22) varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre örnekler arasındaki istatistiksel anlamlılık ( $p < 0,05$ ) grafikler (Şekil 1-2-3) üzerinde belirtilmiştir.

**3. Bulgular ve Tartışma**

Kompozit numunelerinin çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülleri Şekil 1'de verilmiştir. Numunelerin çekme dirençleri karşılaştırmalarına göre en düşük çekme direnci değeri alkali muamelesiz kompozit örneğinde (PW0) 26,14 MPa olarak ölçülmüştür. Alkali muamelesi sonrası kompozit numunelerinin çekme direnci değerlerinde artış görülmüştür. Kompozit örnekleri arasında en yüksek çekme direnci değeri %6 alkali muameleli kompozit örneğinde (PW6) 28,63 MPa olarak tespit edilmiştir. Ayrıca alkali muameleli kompozit örneklerinin çekme direnci değerlerinin birbirlerine yakın değerler sergiledikleri görülmüş ve çekme direnci değerleri aralarındaki farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). Numunelerin çekme modülleri karşılaştırmalarına göre, alkali muameleli odun unu içeren kompozitlerin daha yüksek çekme modülü değerleri sergiledikleri görülmüştür. Alkali muamelesiz kompozit örneğinin (PW0) çekme modülü değeri 1,17 GPa olarak ölçülmüştür. Bunlara ek olarak, %3-6-12 konsantrasyonlarda alkali ile muamele edilmiş odun unu içeren; PW3, PW6 ve PW12 kompozit numunelerinin çekme modülü değerleri ise sırasıyla 1,41 GPa, 1,42 GPa ve 1,50 GPa olarak ölçülmüştür.

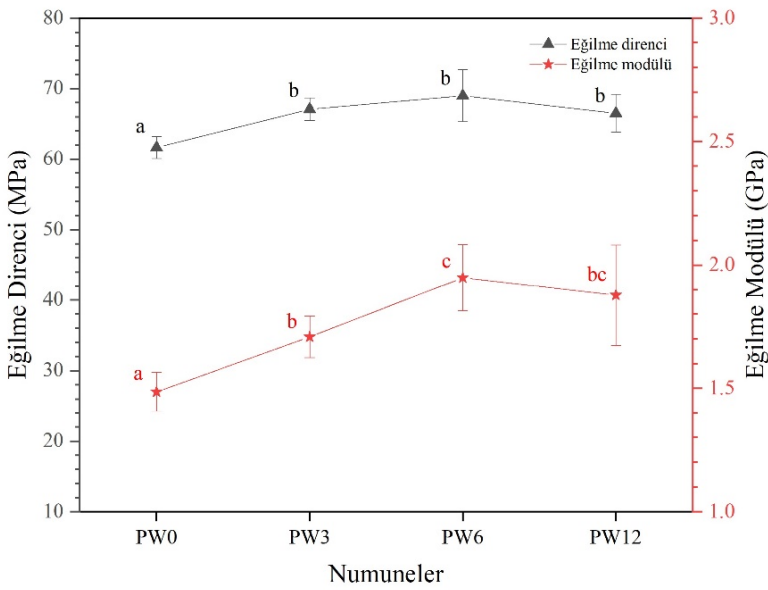


Şekil 1. Kompozit numunelerinin çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülleri

Alkali ile muamele edilmiş liflerin, muamele edilmemiş liflerden daha iyi çekme direncine sahip olduğu bildirilmiştir (Mylsamy ve Rajendran, 2010; Reddy vd., 2013). Rout vd., (2001) yaptıkları çalışmada, %2 alkali muameleli Hindistan cevizi lifi eklenmiş polyester kompozitlerin çekme dirençlerinde önemli gelişmeler olduğunu bildirmişler. Alkali muameleli ve muamelesiz muz lifi takviyeli PLA kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelendiği başka bir çalışmada, liflerin alkali ile muamelesinin kompozitlerin çekme dirençlerini %18,4 ile %33,5 arasında artırdığını bildirmişlerdir (Pannu vd., 2021). Diğer bir çalışmada henequen (*Agave fourcroydes*) lifinin alkali muamelesi sonrasında lif ve matris arasındaki etkileşimin geliştirilmesine katkı yaptığı rapor edilmiştir (Valadez-Gonzalez vd., 1999). Ghasemi ve Farsi, (2010) çalışmalarında, kayın odun lifinin NaOH ile muamelesi sonrası polipropilen (PP) matrise eklenmesi sonucunda üretilen kompozitlerin, çekme direnci ve modülünün, muamele edilmemiş odun lifi takviyeli kompozitlerinkine kıyasla daha yüksek değerler sergilediklerini bildirmişler. Kompozitlerin üstün çekme direnci sergilemeleri, alkali muamelesinin liflerdeki safsızlıkları ortadan kaldırarak, lif yüzeyinin tutunma özelliklerini geliştirmesine ve pürüzlü bir yüzey yapısının açığa çıkarılmasına bağlanmıştır (Siregar vd., 2010). Ayrıca, alkali muamelesi sonrası lif demetlerinin daha küçük liflere ayrılması sebebiyle oluşan etkili yüzey alanının, polimer matris ile uyumluluğu artırdığı bildirilmiştir (Mohanty vd., 2000). Bunlara ek olarak, alkali muamelesinin selüloz sarmal açısında azalmaya ve selüloz zincirinin moleküler yöneliminde artışa neden olabileceği belirtilmiştir (Gassan ve Bledzki, 1999). Jiang vd., (2018) sorgum sapını farklı konsantrasyonlarda (%0,5-2,5-4,5-6,5) NaOH ile muamele ettikten sonra PVC polimerine ekleyerek kompozit üretmişler ve ürettikleri kompozitlerin çekme direnci ve çekme modülünde, muamele edilmemişlerinkine kıyasla sırasıyla %31,8 ve %27,7 oranlarında gelişme görüldüğünü bildirmişler. Bu gelişmeyi, alkali muamelesi sonrası liflerin yeniden düzenlenmesinin yanı sıra hemiselüloz, lignin ve diğer safsızlıkların yapıdan uzaklaştırılmasına bağlamışlar. Benzer şekilde bu çalışmada, odun ununun alkali muamelesi sonrası PVC polimerine eklenmesiyle kompozitlerin çekme dirençlerinde görülen artışın, odunun hemiselüloz bileşenindeki azalışa ek olarak, liflerin tekrar düzenlenmesi, lif demetlerinin daha küçük liflere ayrılması sonucunda lif polimer matris arasındaki etkileşimin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kompozit numunelerinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Alkali muameleli odun unu içeren numunelerin eğilme direnci değerlerinin, muamele edilmemiş odun unu içeren numunelerinkine kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Alkali muamelesi sonrası kompozitlerin eğilme direnci değerlerindeki artış eğilimi %6 alkali muamelesine kadar olmuş, daha sonra %12 alkali muamelesi

sonrası bir miktar azalmıştır. Ayrıca alkali muameleli kompozitlerin eğilme direnci değerlerinin istatistiksel olarak benzer oldukları görülmüştür ( $p>0,05$ ). Kompozit numuneleri arasında en düşük eğilme direnci değeri, alkali muamelesiz odun unu içeren PW0 kompozit numunesinde 61,66 MPa, en yüksek eğilme direnci değeri ise %6 alkali muameleli odun unu içeren PW6 kompozit numunesinde 68,99 MPa olarak ölçülmüştür. Bunlara ek olarak, alkali muamelesi sonrasında kompozit örneklerinin eğilme modüllerinde kayda değer artışlar görülmüştür ( $p<0,05$ ). En düşük eğilme modülü değeri alkali muamelesiz odun unu içeren kompozit numunesinde (PW0) 1,48 GPa olarak, en yüksek eğilme modülü değeri ise %6 alkali muameleli odun unu içeren kompozit örneğinde (PW6) 1,94 GPa olarak ölçülmüştür. Ayrıca, %3 alkali muameleli odun unu içeren kompozit numunesinin (PW3) eğilme modülü değeri 1,70 GPa olarak, %12 alkali muameleli odun unu içeren kompozit numunesinin (PW12) eğilme modülü değeri ise 1,87 GPa olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada, alkali konsantrasyonundaki artışa bağlı eğilme direnci ve elastikiyet modülünde görülen azalışlar ise yüksek alkali konsantrasyonu sebebiyle odun liflerinin daha fazla şişmesi sonucu lignin bileşeninin odun yapısından uzaklaşmasına bağlanmıştır.

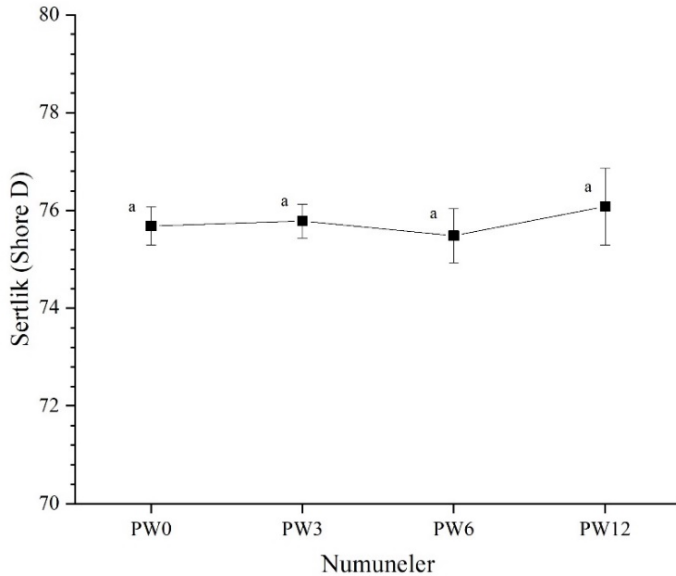


Şekil 2. Kompozit numunelerinin eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülleri

Alkali muamelesi, lif yüzeyinin pürüzlülüğünü artırır, bu da mekanik kilitleme ve kimyasal bağlama yoluyla odun plastik kompozitlerin (OPK) mekanik özelliklerini iyileştirmeye yardımcı olur (Gwon vd., 2010). Siregar vd., (2010) çalışmalarında, ananas yaprak liflerini farklı konsantrasyonlarda NaOH ile muamele ettikten sonra polistiren (high impact polystyrene) matrisine ilave etmişler. Çalışma sonucunda alkali muamelesiz lif içeren kompozitin eğilme direnci değerinin 31,66 MPa, %2 ve %4 alkali muameleli lif içeren kompozitlerin eğilme dirençlerinin ise sırasıyla 34,37 MPa ve 40,78 MPa olduğunu bildirmişler. Aynı çalışmada kompozitlerin eğilme modüllerinin 4,29 GPa'dan, 4,46 GPa ve 4,55 GPa'ya yükseldiğini tespit etmişler. Ray vd., (2001) yaptıkları çalışmada, farklı süreler (2, 4, 6, 8 saat) boyunca %5 konsantrasyonda NaOH ile muamele ettikleri jüt lifini, ağırlıkça farklı oranlarda (%0-8-15-23-30-35) vinilester reçinesine ekledikten sonra kompozit malzeme üretmişler. Ürettikleri kompozitlerin eğilme dirençlerinde ve elastikiyet modüllerinde alkali muamelesi sonrası gelişme görüldüğünü bildirilmişlerdir. Aynı çalışmada, 6 saat süresince alkali ile muamele edilmiş jüt lifi içeren (ağırlıkça %30) kompozit numunesinin eğilme direnci değerinin 180,6 MPa'dan, 195,9 MPa'ya yükseldiği, elastikiyet modülünün ise kontrol numunesine kıyasla yaklaşık %25 artış sergilediğini rapor etmişler. Diğer bir çalışmada, huş odunununun alkali ile muamelesinde, NaOH konsantrasyonunun %5'ten %17,5'e çıkarılması durumunda, eğilme direnci değerinin 33,1 MPa'dan 36,9 MPa'ya yükseldiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, dolgu maddesi olarak pirinç sapı

kullanılan PVC matrisli kompozitlerde, pirinç sapının 80 °C'de 1 saat süresince %5 ve %10 NaOH ile muamelesinin kompozitlerin direnç özellikleri üzerinde kayda değer gelişmelere sebep olduğu bildirilmiştir (Kamel, 2004). Alkali konsantrasyonunun %10'dan fazla olması durumunda, aşırı alkalinin odununun yüzeyini zayıflattığı ve odun lifleri arasındaki aşındırıcı etkileşimlerin bir sonucu olarak kompozitlerin eğilme direncinin hafifçe azaldığı önceki çalışmalarda bildirilmiştir (John vd., 2008; Gwon vd., 2010). Bu nedenle, OPK'lerde üstün mekanik özellikler elde etmek için optimum konsantrasyonda NaOH seçimi önemlidir (Kallakas vd., 2015). Bu çalışmada, odununun alkali ile muamelesi sonrası kompozitlerin eğilme direnci ve modülü, %6 alkali konsantrasyonuna kadar artmış, %12 alkali konsantrasyonunda ise yavaşça azalmıştır.

Kompozit malzemelerin Shore D sertlik değerleri Şekil 3'te verilmiştir. Odununun alkali ile muamelesi sonrası kompozitlerin sertliklerinde kayda değer bir değişiklik görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Alkali ile muamele edilmemiş kompozit numunesinin (PW0) Shore D sertlik değeri 75,68 olarak ölçülmüştür. Bunlara ek olarak, %3-6-12 konsantrasyonlarında NaOH ile muamele edilmiş kompozit örneklerinin (PW3, PW6 ve PW12) sertlikleri ise sırasıyla 75,78, 75,48 ve 76,08 olarak ölçülmüştür. Shore sertlik ölçeği sınıflandırmalarına göre, bu çalışmada üretilen kompozit malzemelerin ekstra sert malzemeler sınıfında olduğu görülmüştür. Bir kompozitin sertliği, dolgu maddesinin matris içindeki dağılımına bağlıdır. Odununu gibi sert dolgu maddelerinin termoplastik polimer matrisle homojen bir şekilde karıştırılması sonucunda, polimer matrisin sertliği artmaktadır. Genellikle, daha esnek matrisin varlığı, elde edilen kompozitlerin daha düşük sertlik sergilemesine neden olur (Premalal vd., 2002; Siddika vd., 2014). Dolgu parçacıklarının kauçuk veya plastiğe eklenmesi, polimer zincirlerinin esnekliğini veya elastikliğini azaltarak daha sert bir kompozit elde edilmesine olanak sağlar (Jamil vd., 2006). Saini vd., (2010) yaptıkları çalışmada, şeker kamışı küspe tozunu oda sıcaklığında 30 dakika süresince %1 konsantrasyonda NaOH ile muamele etmişler ve ardından, muamele edilmiş ve edilmemiş şeker kamışı küspe tozunu ayrı ayrı PVC matrisine ekleyerek ürettikleri kompozitlerin sertliğinin alkali muamelesi ile önemli değişiklik göstermediğini (muamele edilmemişlerin Shore D sertliğini 73, muamele edilmişlerinkini ise 72) bildirmişler.



Şekil 3. Kompozit numunelerinin Shore D sertlikleri

Kompozit numunelerinin termal analiz (TGA) sonuçlarından elde edilen 1. ve 2. aşama bozunma değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Odununun alkali ile muamelesi sonrasında kompozit malzemelerin 1. aşama bozunma sıcaklığı derecelerinde genel olarak artış, ağırlık kaybı oranlarında ise birbirine yakın (yaklaşık



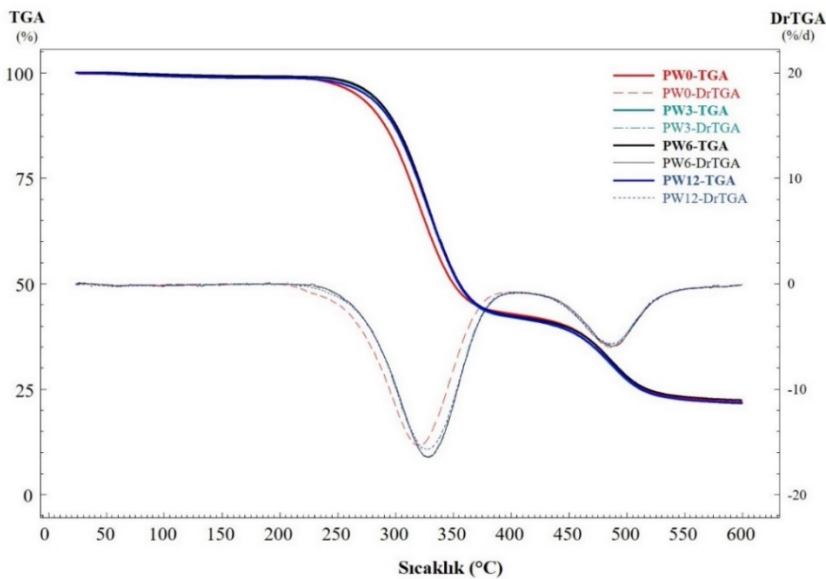
%57) değerler görülmüştür. Odunun, termal analiz sonuçlarında 400 °C'nin altındaki bozunmaların odunu oluşturan selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşenlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Kim vd., 2006). Bunlara ek olarak, 2. aşama bozunma sıcaklıklarının bütün numunelerde benzer olduğu ve ağırlık kaybı oranlarının da birbirlerine yakın değerler sergiledikleri görülmüştür. Zhang vd., (2019) okalıptüs odun lifi takviyeli PVC kompozitlerle ilgili yaptıkları çalışmalarında, odun liflerinin 100 °C'de 1 saat süresince farklı konsantrasyonlarda (% 1-3-5-7) NaOH ile muamele edilmesinin, PVC kompozitlerin bozunma sıcaklıklarında artışa sebep olduğunu bildirmişler. Başka bir çalışmada ise PVC polimerine alkali muameleli şeker kamışı küspe tozu eklenmesi sonucunda kompozitlerin termal stabilitesinin %10 oranında arttığı rapor edilmiştir (Saini vd., 2010).

Tablo 2

TGA sonuçlarından elde edilen 1. ve 2. aşama bozunma değerleri

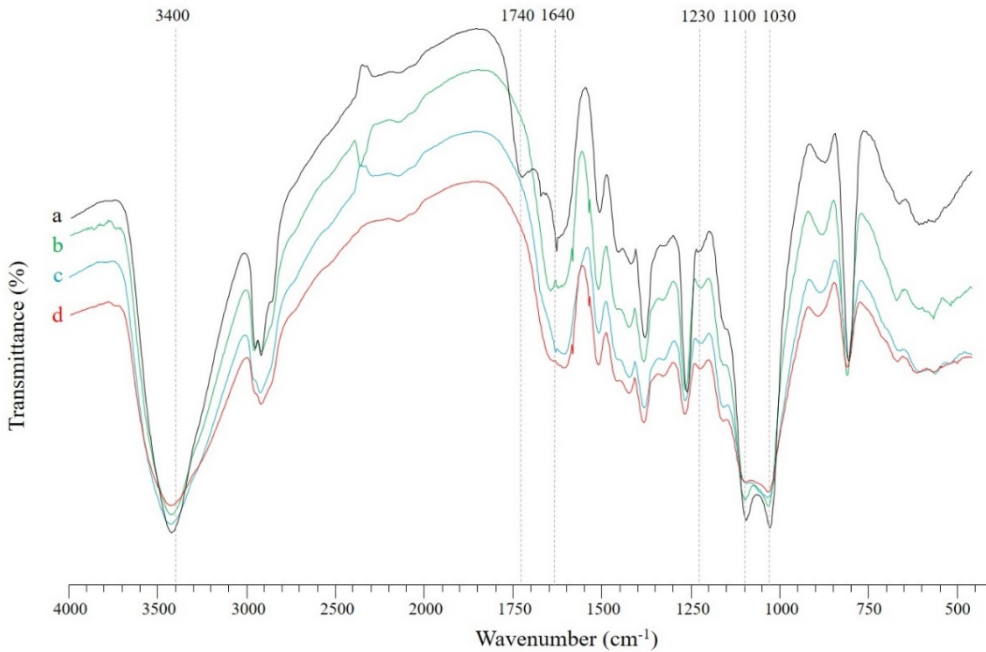
Numuneler	1. aşama bozunma sıcaklığı (°C)	1. aşama ağırlık kaybı (%)	2. aşama bozunma sıcaklığı (°C)	2. aşama ağırlık kaybı (%)
PW0	315,83	56,55	483	20,94
PW3	324,04	57,45	482,42	20,39
PW6	324,38	57,13	483,60	20,12
PW12	323,14	57,05	483,03	20,41

Kompozit numunelerine ait termogram eğrileri Şekil 4'te gösterilmiştir. Alkali ile muamele edilmemiş odunu dolgulu kompozit numunesine (PW0) ait bozunma eğrisi (kırmızı eğri) diğer kompozitlere ait bozunma eğrilerinden önce görülmüştür. Bunun nedeni, PW0 numunesinin diğer kompozit numunelerinden farklı hemiselüloz içermesine bağlanmıştır. Odun bileşenleri arasında hemiselüloz en az termal stabiliteye sahip olan bileşendir. Odun bileşenlerinden lignin ise yüksek sıcaklıklarda tamamen bozunan son bileşendir (Hosseinaei vd., 2012). Bu çalışmada, alkali muameleli odununu içeren kompozit numunelerinin bozunma sıcaklıklarının, alkali muamelesiz numuneninkinden daha yüksek olması sebebiyle bozunma eğrileri geç görülmüştür. Ayrıca, alkali muameleli odununu içeren kompozit numunelerinin birbirine yakın sıcaklıklarda bozulması sebebiyle TGA eğrilerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Kompozit numunelerinin termogram eğrileri

Alkali muamelesiz ve muameleli odun unlarına ait FTIR spektrumları Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu çalışmada, odun unlarının alkali muamelesi sonrasında  $3400\text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki bant yoğunluklarında hafif bir azalma görülmüştür. Bazı araştırmacılar, bunun nedeninin hidroksil (OH) gruplarındaki azalmalardan kaynaklandığını bildirmişler (Owen ve Thomas, 1989). Alkali ile muamele edilen liflerin  $3400\text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki FTIR spektrumundaki azalma, meriserizasyondan sonra liflerin hidrofobik hale gelmesine bağlanmıştır (Cuebas vd., 2020). Başka bir çalışmada, selülozün OH gruplarının ve hemiselülozün C–O gruplarının gerilme titreşimlerine atfedilen  $3400\text{ cm}^{-1}$  ve  $1052\text{ cm}^{-1}$ 'deki piklerin şiddetlerinin alkali muamelesi sonrası azaldığı belirtilmiş (Barreto vd., 2011; Ikhlef vd., 2012). Diğer bir çalışmada,  $1740\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikin, hemiselülozün karbonil grubuna (C=O) veya ligninin ferulik ve p-kumarik asidinin karboksilik grubunun ester bağına karşılık geldiği belirtilmiştir (Parre vd., 2019). Alkali muamelesi sonrası hemiselüloz ve ligninin kısmen uzaklaştırılması sebebiyle  $1740\text{ cm}^{-1}$ 'deki karbonil grubunu karakterize eden bandın şiddetinin azaldığı veya kaybolduğu önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Madhuban vd., 1985; Ikhlef vd., 2012; Cuebas vd., 2020). Benzer şekilde bu çalışmada, alkali muamelesi sonrası  $1740\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikin kaybolduğu görülmüştür. Ayrıca, hemiselülozün asetil grubuna ait C=O gerilmesi ve adsorbe edilmiş su ile ilişkili olduğu öne sürülen  $1644\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik yoğunluğunun azalması, alkali muamelesi sonrası hemiselülozların kısmen uzaklaşmasına bağlanmıştır (Sgriccia vd., 2008; Ikhlef vd., 2012). Yaklaşık  $1232\text{ cm}^{-1}$ 'deki (C–O) bant yoğunluğunun alkali muamelesinden sonra yavaş yavaş azaldığı ve NaOH konsantrasyonunun %5'ten yüksek olduğu durumda kaybolduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2017). FTIR spektrumlarına ait  $1030\text{ cm}^{-1}$ 'deki bantlar, selüloz ve hemiselülozlardaki C–O–C gerilmesine atfedilmiştir (Faix, 1992; Rodrigues vd., 1998). Bu çalışmada,  $1100\text{ cm}^{-1}$  ve  $1030\text{ cm}^{-1}$ 'lerdeki pik şiddetlerinde görülen azalmalar, alkali muamelesi sonrası hemiselüloz ve ligninin odun yapısından uzaklaştırılmasına bağlanmıştır.



Şekil 5. Alkali muamelesiz (a) ve alkali muameleli (b: %3, c: %6, d: %12) odun unlarına ait FTIR spektrumları

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda alkali (NaOH) ile muamele edilmiş odun unu dolgulu PVC kompozitlerin çekme direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde artış tespit edilmiştir. Kompozitler arasında en yüksek direnç değerleri genel olarak %6 alkali muameleli odun unu içeren kompozit örneğinde görülmüştür. Bunlara ek olarak, alkali muamelesinin kompozitlerin sertlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Odun unununun alkali muamelesi sonrası yapısında bulunan hemiselüloz bileşeninin uzaklaşması sebebiyle, alkali muameleli odun unu içeren kompozitlerin termal kararlılığında, alkali muamelesiz odun unu içeren kompozitlerinkine kıyasla gelişme görülmüştür.

Bu çalışma, alkali muameleli odun unu dolgulu poliolefin matrisli kompozitlerle ilgili yapılan çalışmalarından farklı olarak, sarıçam odun unununun NaOH ile farklı konsantrasyonlarda 6 saat süresince muamelesi sonrası PVC polimerine ilave edilerek yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde, alkali muamelesinin kompozitlerin özelliklerini geliştirdiği görülmüştür. Sonraki çalışmaların, değişik lignoselülozik dolgu maddelerinin farklı muamele yöntemleriyle yapısının değiştirilmesi ve ardından çeşitli polimerlerle karıştırılarak üretilen kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi üzerine yapılması, bu konuya katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Bu çalışmanın yapılması için laboratuvar desteklerinden dolayı Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN ve Prof. Dr. M. Hakkı ALMA'ya teşekkürlerimi sunarım.

#### Kaynaklar

- ASTM D4703-10 (2010). Standard practice for compression molding thermoplastic materials into test specimens, plaques, or sheets, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D638-14 (2014). Standard test method for tensile properties of plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D790-17 (2017). Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- Aziz, S. H. and Ansell, M. P. (2004). The effect of alkalization and fibre alignment on the mechanical and thermal properties of kenaf and hemp bast fibre composites: part 2—cashew nut shell liquid matrix. *Composites Science and Technology*, 64(9), 1231-1238.
- Barreto, A. C. H., Rosa, D. S., Fehine, P. B. A. and Mazzetto, S. E. (2011). Properties of sisal fibers treated by alkali solution and their application into cardanol-based biocomposites, *Composites Part A*, 42(5), 492-500.
- Bartos, A., Anggono, J., Farkas, Á. E., Kun, D., Soetaredjo, F. E., Móczó, J., Antoni, A., Purwaningsih, H. and Pukánszky, B. (2020). Alkali treatment of lignocellulosic fibers extracted from sugarcane bagasse: Composition, structure, properties. *Polymer Testing*, 88, 106549.
- Clemons, C. (2002). Wood-plastic composites in the United States: The interfacing of two industries. *Forest Products Journal*. 52 (6),10-18.
- Clemons, C. M. and Ibach, R. E. (2004). Effects of processing method and moisture history on laboratory fungal resistance of wood-HDPE composites. *Forest Products Journal*. 54 (4), 50-57.
- Cuebas, L., Bertolini, J. A., Barros, R. T. P. D., Cordeiro, A. O. T., Rosa, D. D. S. and Martins, C. R. (2020). The incorporation of untreated and alkali-treated banana fiber in SEBS composites. *Polímeros*, 30.
- Faix, O. (1992). Fourier transform infrared spectroscopy. In *Methods in Lignin Chemistry*, Ed. Lin, S.Y., Dence, C.W., Springer, pp. 83-109.

- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P. and Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*, 37(11), 1552-1596.
- Gassan, J. and Bledzki, A. K. (1999). Possibilities for improving the mechanical properties of jute/epoxy composites by alkali treatment of fibres. *Composites Science and Technology*, 59(9), 1303-1309.
- Ge, X. C., Li, X. H. and Meng, Y. Z. (2004). Tensile properties, morphology, and thermal behavior of PVC composites containing pine flour and bamboo flour. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(4), 1804-1811.
- Ghasemi, I. and Farsi, M. (2010). Interfacial behaviour of wood plastic composite: effect of chemical treatment on wood fibres. *Iranian Polymer Journal*, 19, 10811-818.
- Gopal, M., Bhaduri, S. K., Banerjee S. K. and Sao, K. P. (1985). Acetylation of jute and infrared spectra of acetylated jute. *Indian Journal of Textile Research*, 10(68), 68-70.
- Gwon, J. G., Lee, S. Y., Chun, S. J., Doh, G. H. and Kim, J. H. (2010). Effect of chemical treatments of wood fibers on the physical strength of polypropylene based composites. *Korean. J. Chem. Eng.* 27, 651-657.
- Hill, C. A. S. (2006). Modifying the properties of wood, In: *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*, John Wiley and Sons, Ltd., England.
- Hosseinaei, O., Wang, S., Enayati, A. A. and Rials, T. G. (2012). Effects of hemicellulose extraction on properties of wood flour and wood–plastic composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 43(4), 686-694.
- Ikhlef, S., Nekkaa, S., Guessoum, M. and Haddaoui, N. (2012). Effects of alkaline treatment on the mechanical and rheological properties of low-density polyethylene/spartium junceum flour composites. *ISRN Polymer Science*, Article ID 965101, 7 pages.
- Jamil, M. S., Ahmad, I. and Abdullah, I. (2006). Effects of rice husk filler on the mechanical and thermal properties of liquid natural rubber compatibilized high-density polyethylene/natural rubber blends. *Journal of Polymer Research*, 13(4), 315-321.
- Jiang, L., He, C., Fu, J. and Li, X. (2018). Wear behavior of alkali-treated sorghum straw fiber reinforced polyvinyl chloride composites in corrosive water conditions. *BioResources*, 13(2), 3362-3376.
- John, M. J., Francis, B., Varughese, K. T. and Thomas, S. (2008). Effect of chemical modification on properties of hybrid fiber biocomposites. *Compos. Part A: App. Sci. Man*, 39, 352-363.
- Kallakas, H., Shamim, M. A., Olutubo, T., Poltimäe, T., Krumme, A. and Kers, J. (2015). Effect of chemical modification of wood flour on the mechanical properties of wood-plastic composites. *Agronomy Research*, 13(3), 639-653.
- Kamel, S. (2004). Preparation and properties of composites made from rice straw and poly (vinyl chloride)(PVC). *Polymers for advanced technologies*, 15(10), 612-616.
- Khalil, H. A., Tehrani, M. A., Davoudpour, Y., Bhat, A. H., Jawaid, M. and Hassan, A. (2013). Natural fiber reinforced poly (vinyl chloride) composites: A review. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 32(5), 330-356.
- Kim, J. P., Yoon, T. H., Mun, S. P., Rhee, J. M. and Lee, J. S. (2006). Wood–polyethylene composites using ethylene–vinyl alcohol copolymer as adhesion promoter. *Bioresource Technology*, 97(3): 494-499.
- Liu, X., Lv, S., Jiang, Y., Shi, J., Tan, H., Gu, J. and Zhang, Y. (2017). Effects of alkali treatment on the properties of WF/PLA composites. *Journal of adhesion science and Technology*, 31(10), 1151-1161.
- Mohanty, A. K., Khan, M. A. and Hinrichsen, G. (2000). Surface modification of jute and its influence on performance of biodegradable jute-fabric/Biopol composites. *Composites Science and Technology*, 60(7), 1115-1124.
- Mylsamy, K. and Rajendran, I. (2010). Investigation on physio-chemical and mechanical properties of raw and alkali-treated *Agave americana* fiber. *Journal of Reinforced Plastics and composites*, 29(19), 2925-2935.

- Nass, L. (1985). Encyclopedia of PVC. New York: Marcel Dekker.
- Oladele, I. O., Ibrahim, I. O., Akinwekomi, A. D. and Talabi, S. I. (2019). Effect of mercerization on the mechanical and thermal response of hybrid bagasse fiber/CaCO<sub>3</sub> reinforced polypropylene composites. *Polymer Testing*, 76, 192-198.
- Owen, N. L. and Thomas, D. W. (1989). Infrared studies of “hard” and “soft” woods. *Applied spectroscopy*, 43(3), 451-455.
- Pannu, A. S., Singh, S. and Dhawan, V. (2021). Effect of alkaline treatment on mechanical properties of biodegradable composite (BF/PLA) rod. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9367-9371.
- Parre, A., Karthikeyan, B., Balaji, A. and Udhayasankar, R. (2019). Investigation of chemical, thermal and morphological properties of untreated and NaOH treated banana fiber. *Materials Today: Proceedings*, 22(3), 347-352.
- Premalal, H. G., Ismail, H. and Baharin, A. (2002). Comparison of the mechanical properties of rice husk powder filled polypropylene composites with talc filled polypropylene composites. *Polymer Testing*, 21(7), 833-839.
- Ray, D., Sarkar, B. K., Rana, A. K. and Bose, N. R. (2001). Effect of alkali treated jute fibres on composite properties. *Bulletin of Materials Science*, 24(2), 129-135.
- Reddy, K. O., Reddy, K. R. N., Zhang, J., Zhang, J. and Varada Rajulu, A. (2013). Effect of alkali treatment on the properties of century fiber. *Journal of Natural Fibers*, 10(3), 282-296.
- Rodrigues, J., Faix, O. and Pereira, H. (1998). Determination of lignin content of Eucalyptus globulus wood using FTIR spectroscopy. *Holzforchung*, 52, 46-50.
- Rout, J., Misra, M., Tripathy, S. S., Nayak, S. K. and Mohanty, A. K. (2001). The influence of fibre treatment on the performance of coir-polyester composites. *Composites Science and Technology*, 61(9), 1303-1310.
- Rowell, R. M. (2006). Chemical modification of wood: A short review. *Wood Matrl. Sci. Eng* 1, 29-33.
- Saini, G., Narula, A. K., Choudhary, V. and Bhardwaj, R. (2010). Effect of particle size and alkali treatment of sugarcane bagasse on thermal, mechanical, and morphological properties of PVC-bagasse composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(5), 731-740.
- Sgriccia, N., Hawley, M. C., and Misra, M. (2008). Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. *Composites. Part A, Applied Science and Manufacturing*, 39(10), 1632-1637.
- Siddika, S., Mansura, F., Hasan, M. and Hassan, A. (2014). Effect of reinforcement and chemical treatment of fiber on the properties of jute-coir fiber reinforced hybrid polypropylene composites. *Fibers and Polymers*, 15(5), 1023-1028.
- Siregar, J. P., Sapuan, S. M., Rahman, M. Z. A. and Zaman, H. M. D. K. (2010). The effect of alkali treatment on the mechanical properties of short pineapple leaf fibre (PALF) reinforced high impact polystyrene (HIPS) composites. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2), 1103-1108.
- Valadez-Gonzalez, A., Cervantes-Uc, J. M., Olayo, R. J. I. P. and Herrera-Franco, P. J. (1999). Effect of fiber surface treatment on the fiber-matrix bond strength of natural fiber reinforced composites. *Composites Part B: Engineering*, 30(3), 309-320.
- Wirawan, R., Zainudin, E. S. and Sapuan, S. M. (2009). Mechanical properties of natural fibre reinforced PVC composites: a review. *Sains Malaysiana*, 38(4), 531-535.
- Zhang, K., Cui, Y. and Yan, W. (2019). Thermal and three-body abrasion behaviors of alkali-treated eucalyptus fiber reinforced polyvinyl chloride composites. *BioResources*, 14(1), 1229-1240.

# Assessment of Urban Identity and Its Components: A Case Study of Erbil

Darbaz Pirot Ahmed, MANKURI<sup>1,\*</sup>, Yasin DÖNMEZ<sup>2</sup>

<sup>1,\*</sup>Karabük University, Department of Architecture, The Institute of Postgraduate Education, Karabük, Turkey

<sup>2</sup>Karabük University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Karabük, Turkey

## Article History

Received: 01.07.2021

Accepted: 22.02.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article



**Abstract** – The most prominent principles related to the component and moral values are historical and architectural characteristics. These features and values are identities gained from the journey of history. The concept of Urban identity refers to the impact of elements on people. Urban identity is classified into two main groups: environmental identity and social identities. The methodology of this research is summarized into two stages. In the first stage, a literature survey was conducted about the identity of cities, elements, and establishment of the identity components of cities. The second stage is based on questioning. Some visual analyses (photographs, maps, observations) were conducted for this goal. This study is trying to answer this question: "What are the identity components of the cities?". In this framework, the city should be a rich historical and spatial context to examine urban identity in the development process. For this purpose, Erbil Ancient City and the historic city of Erbil were chosen as the study topic. The study is based on the hypothesis that "Erbil citadel / Tajeel, Mustawfi Araban and Khanaqa district fulfils the components of the urban identity of the Erbil". Cities can have common characteristics such as history, culture, architecture, and identity. However, there are differences in natural resources, humanity settlement, cultural backgrounds, historical cores, and physical aspects like shapes. These variations define different identities. In other words, the diverse characteristics of a city create a unique identity of that city. Therefore, it assumed that this study would help understand the city's identity. It thought that examining the citadel / big Bazar area regarding identity components would facilitate the application of planning and decision making. Also, there is a common belief that identity will increase awareness level about the city's brand value.

**Keywords** – Identity, urban identity, cultural values of a town, Erbil, Erbil citadel, historical zones

## Kentsel Kimliğin ve Bileşenlerinin Değerlendirilmesi: Erbil Örneği

<sup>1,\*</sup>Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Karabük, Türkiye

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Karabük, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 01.07.2021


Kabul: 22.02.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi

**Öz** – Bileşen ve ahlaki değerlerle ilgili en belirgin ilkeler tarihi ve mimari özelliklerdir. Bu özellik ve değerler, tarih yolculuğundan kazanılan kimliklerdir. Kent kimliği kavramı, unsurların insanlar üzerindeki etkisine atıfta bulunmaktadır. Kentsel kimlik, çevresel kimlik ve sosyal kimlikler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Bu araştırmanın metodolojisi iki aşamada özetlenmiştir. Birinci aşamada, kentlerin kimliği, unsurları ve kentlerin kimlik bileşenlerinin oluşumu hakkında literatür taraması yapılmıştır. İkinci aşama ise sorgulamaya dayalı aşamadır. Bu amaçla bazı görsel analizler (fotoğraflar, haritalar, gözlemler) yapılmıştır. Bu çalışma, "Kentlerin kimlik bileşenleri nelerdir?" sorusuna yanıt bulmaya çalışmaktadır. Bu çerçevede, kent kimliğini gelişme sürecinde incelemek için kentin zengin bir tarihsel ve mekânsal bağlamı olmalıdır. Bu amaçla, çalışma konusu olarak Erbil Antik Kenti ve tarihi Erbil kenti seçilmiştir. Çalışma, "Erbil kalesi / Tajeel, Mustawfi Araban ve Khanaqa semtinin Erbil'in kentsel kimliğinin bileşenlerini yerine getirdiği" hipotezine dayanmaktadır. Şehirler tarih, kültür, mimari ve kimlik gibi ortak özelliklere sahip olabilir. Ancak, doğal kaynaklar, insanlık yerleşimi, kültürel arka planlar, tarihi çekirdekler ve şekiller gibi fiziksel yönlerde farklılıklar vardır. Bu varyasyonlar farklı kimliği tanımlar. Başka bir deyişle, bir şehrin farklı özellikleri o şehrin benzersiz bir kimliğini oluşturur. Bu nedenle, bu çalışmanın kentin kimliğinin anlaşılmasına yardımcı olacağı varsayılmıştır. Kale/Büyük Çarşı alanının kimlik bileşenleri açısından incelenmesinin planlama ve karar verme uygulamalarını kolaylaştıracağı düşünülmüştür. Ayrıca, kimliğin kentin marka değerine ilişkin farkındalık düzeyini artıracığına dair yaygın bir kanı vardır.

**Anahtar Kelimeler** – Kimlik, kent kimliği, bir şehrin kültürel değerleri, Erbil, Erbil kalesi, tarihi bölgeler.

<sup>1</sup>  darbaz.pirot@tiu.edu.iq

<sup>2</sup>  yasindonmez@karabuk.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## **1. Introduction**

The quality of the urban environment is a complex topic that includes subjective values and attitudes that differ depending on social groups and individuals (Öztürk ve Işınkaralar, 2019). Consequently, various researchers have extensively studied the physical, social and psychological aspects of the impact of uncontrolled and rapid urban change on urban identity and image (Ökesli and Gürçinar, 2012; Ozturk et al., 2020). Initial research, beginning with Lynch (1960), focused on the perception of residents, architectural photos, and the analysis of the physical structure of the urban environment. However, more recent research has focused on sustainability and has begun to discuss urban identity and image about social components (Birnur and Dönmez, 2021).

Nowadays, living difficulties and development issues are widespread in cities of the World (Ozturk et al., 2018). In developing countries such as Iraq, problems with unplanned construction activities and many infrastructure project challenges are caused by economic, technological, and political along with uncontrollable population growth (Jarrah et al., 2019; Ozturk et al. 2021). In this case, some rapid restoration methods have been implemented (Duhl and Sanchez, 1999). However, these techniques are proved to hurt the public and historical backgrounds of cities (Zineb and Dönmez, 2021). Therefore, the article aims to offer components to prevent the development of unidentified cities. The term "identity" is usually described as a set of qualities and characteristics of an object. Generally, urban identity is specified as the natural and artificial foundations of the city in terms of its social, cultural, and historical characteristics (Rifaioğlu and Şahin 2007; Dönmez and Türkkmen, 2015). Therefore, a city's most prominent and lucid feature is "identity". To put it in other words, the feature that distinguishes one city from another would be considered a component of that city's identity (Zineb and Dönmez, 2021).

Cities have their characteristics and identity, like every person. Urban identity is a meaningful entity unique to each city; it exists on different scales, takes shape due to physical, cultural, socio-economic and historical factors, and is shaped by the images of its inhabitants (Birnur and Dönmez, 2021). The different features of cities are explained in terms of urban identity and urban image (Birnur and Dönmez, 2021): Urban identity is a wholeness that is formed by elements that add meaning and value to a city. And distinguish this city from others (Zineb and Dönmez, 2021).

Its geography, history, cultural values, architecture, past civilizations, local traditions, way of life, inhabitants, stages from the first settlement to the present day, topography, vegetation, geopolitical position, state of a southern or western city, sea and road connections (Ökesli and Gürçinar, 2012). The state of being open or closed to other cultures, the economic structure, the living organisms it contains, past occupations and wars, earthquakes and its state, whether the city was capital or not, are elements of urban identity (Yilmaz and Isinkaralar, 2021). Differences in these characteristics give cities a unique character (Ökesli and Gürçinar, 2012). On the other hand, the urban image consists of the elements observed in the built-up environment of the city (Dönmez and Turkmen, 2018). In his study, based on definitions of numerous residents in three American cities (Los Angeles, New Jersey, and Boston), Lynch (1960/2010) argued that an urban image has five main elements: paths, districts, boundaries, nodes, and landmarks. Urban identity formation can be analyzed as natural, human or artificial.

### **Urban Identity Concepts**

The identity of a city depends on the following factors: geographic features such as the Bosphorus and Venice, a historical structure such as Erbil and Aleppo, a monumental element such as Istanbul mosques and the Parisian Eiffel Tower (Fig. 1), urban features such as Moscow Red Square and London's Hyde Park, socio-cultural features such as the Viennese Waltzes and the Rio Carnival (Sağlık and Kelkit, 2017).





Figure 1. İstanbul mosques and Paris Eifel Tower (Sağlık and Kelkit, 2017)

Identity creation occurs in certain steady conditions. Some of these conditions are listed below.

- Cultural heritage or traditions
- The quality and nature of the needs of society.
- Factors caused by geographic, climatic, and topographic conditions.
- Technologies produced by the nation
- Ability to adapt to changing conditions (Sağlık and Kelkit, 2017).

The identity of a city informs architectural engineers if any of the city's planning is appropriate, sufficient, and genuine. Moreover, from ancient times till this contemporary time, cities have been acquiring a specific personality. As a result, in each city, it is also likely that the identity (a historical phenomenon shaped by physical, cultural, socio-economic, historical, and formal factors) of a city with its unique qualities can be shaped and changed over time (Ozaslan, 1996).

It is the city's identity that tells us whether any city planning is appropriate, sufficient and correct. However, in each city, it is also possible that the identity (a historical phenomenon shaped by physical, cultural, socio-economic, historical and formal factors) of a city with its unique qualities is shaped over time and changes over time (Rifaioğlu and Şahin, 2007).

To preserve the identity and development of cities. Therefore, there is a need to create a holistic urban plan that includes environmental, social, cultural and aesthetic aspects with financial requirements (Hussein et al., 2020).

**Components of Urban Identity:** The city's identity belongs to the city itself, which distinguishes it from others and increases the value of this city, and is also a set of components characteristic of the city. These components are also essential elements in shaping the identity of this city (Sağlık and Kelkit, 2017). The concepts that make up urban identity are collected under two main headings: ecological and social identity. The relationships and interactions of these concepts that shape urban identity are shown below (Fig 2) (Yaldız et al. 2014).

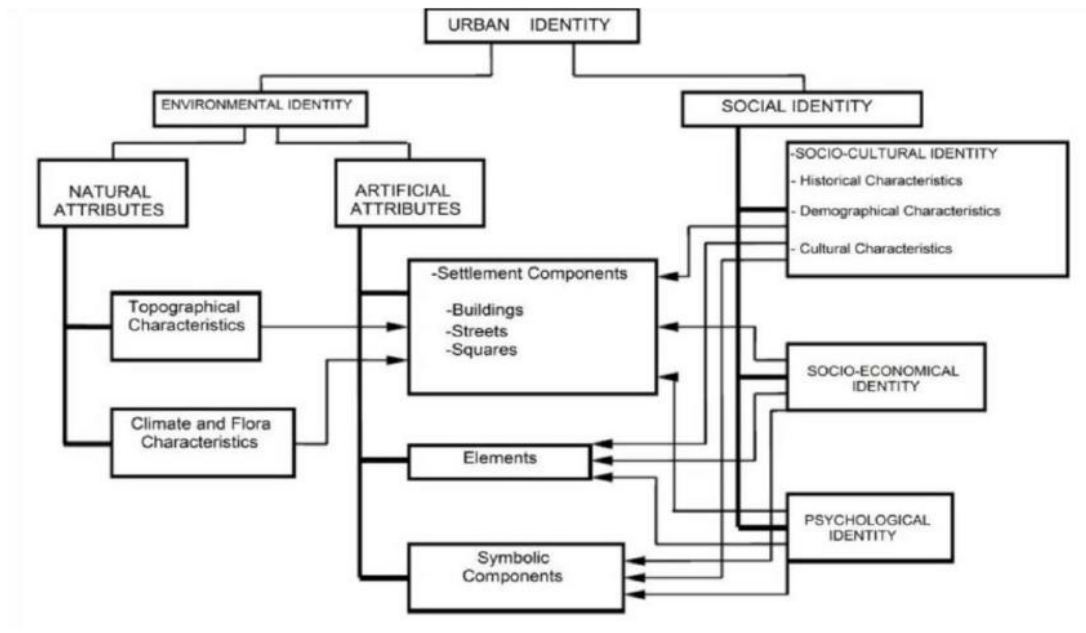


Figure 2. Components of urban identity (Yaldız et al. 2014)

The urban identity elements could consider under three headings as elements derived from natural, built, and built environment/landscape (Ibrahim, 2020):

- Elements of identity originating from the natural environment form topography conditions, climate, water element, geological and general situation (Ibrahim, 2020).
- Elements of identity originating from the environment of people are composed of individuals and society. They are also sub-elements belonging to demographic, institutional, and cultural structures (Ibrahim, 2020).
- Elements of identity originating from a manufactured landscape are composed of elements of the built environment, areas of action arising from the person's current needs in the city, and objects made by human hands (Ibrahim, 2020).

Several attributes identified with a city can add symbolic meaning to the identity of the corresponding city (Sağlık and Kelkit, 2017). In this context, Dutch windmills and bicycles can serve as an example for identifying symbolic elements (Sağlık and Kelkit, 2017).



Figure 3. The identity at symbolized elements scale (Sağlık and Kelkit, 2017)

Today, some cities are associated with the functions that provide life to this city and give life to this city. In cities with one type of function and field of activity, identity is formed by function. Examples are some cities in northern Iraq Erbil (trade city), Kirkuk city (petroleum city), Dukan city (tourist city), Sulaymaniyah

(cultural city) and Halabja (monumental city). Some examples of these city functions in north Iraq are Erbil with business, Kirkuk with petrol, Dukan with tourism and Halabja with monument victim of revolution.

The symbols of the city that come to mind when rendering make up the image of the city. Lynch's "Good Urban Structure" (1960), which states that these images (urban images) can be divided into three parts, namely identity, structure and meaning, corresponds to or refers to the dimension of feelings (sense of space or identity) of townspeople (Mironowicz, 2011). It is shown that the elements of the image that Lynch defines are dominant characters following the points/landmarks of triangulation and the connections of others. These elements also play a role in forming, perceiving, and expressing identity (Pinho and Oliveira, 2010).

Lynch (1960) classifies urban depictions as districts, paths, nodes, edges, and landmarks (Figure 4). Lynch (1960) emphasizes that urban texture is a complex structure and, in addition, the city must be rendered to be able to work on it (Pinho and Oliveira, 2010). This will make it easier to see, understand and comment on the challenges and opportunities in the city. According to the urban image theory, the urban environment is visualized through five essential elements (Pinho and Oliveira, 2010).

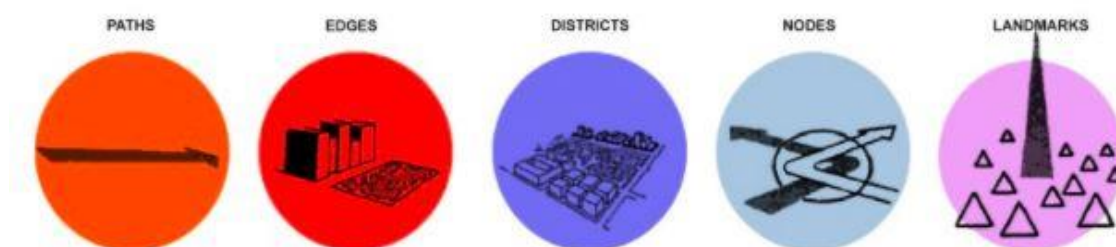


Figure 4. The elements of a city (Pinho and Oliveira, 2010)

This study attempts to define urban identity in the case of the city of Erbil and explores its components through Lynch's imageability analysis and questionnaires conducted with the residents. The core aim of the study is to examine sustainable qualities of urban image and identity and develop suggestions to improve urban environmental quality.

## 2. Material and Method

### 2.1. Material

The study was conducted in Erbil, which is the capital city of the Kurdish Region/Iraq. Erbil is located north of Iraq on 36,19° North 44,01° East (Figure 1). According to UNESCO (2010), historically, Erbil is considered one of the oldest uninterruptedly dwelled in cities worldwide. It is believed that Erbil's urban life dates back to at least 6000 BC. At the heart of the city is the ancient Citadel of Erbil, which is estimated to be close to 7000 years old. (Rasul et al., 2016). The surface area of Erbil is approximately 130 km<sup>2</sup>. The population of Erbil urban area was 1,025,000 in October 2008, which makes it one of the biggest cities in Iraq (Jawhar, 2018). Erbil is located in a comparatively plain area. Moreover, Erbil is elevated about 426 meters above sea level (figure 5) (Rasul et al., 2016).

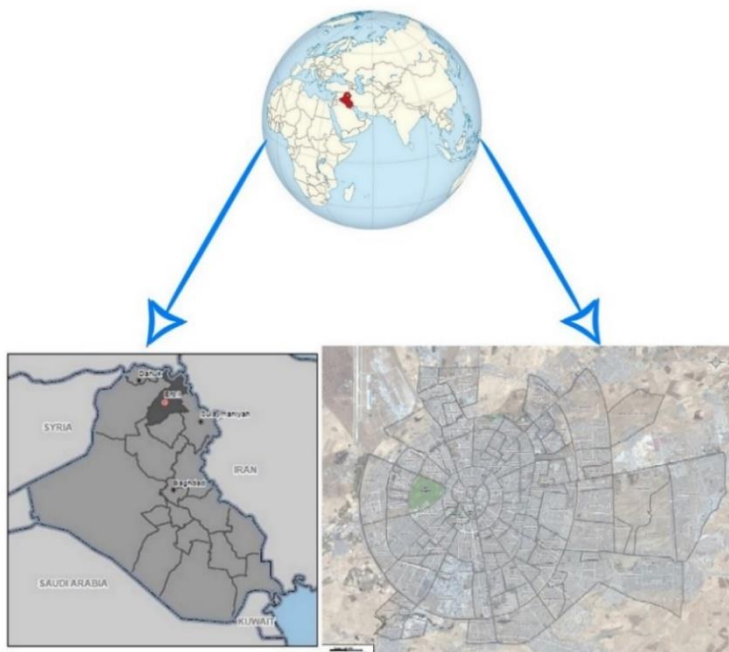


Figure 5. Displays the map of the study area (author)

**2.2. Method**

A multistage methodology was developed for the study. The first stage involves the imageability analysis for the around citadel districts of Erbil, which are (Mustawfi, Araban, Tajeel and Khanaqa), following the five elements suggested by Lynch. While the imageability analysis enables the identification of artificial attributes in an urban environment, it has limitations for this study in determining the residents' changing perceptions. Therefore questionnaires were used to support physical analysis in the second stage. The questionnaires were taken online in google form due to covid19. The study will focus on districts around Erbil citadel, which are a historical zone of the city.

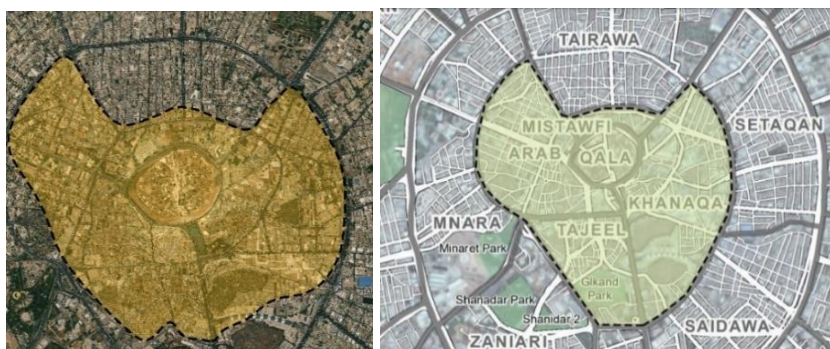


Figure 6. The study district of Erbil city center(author)

The Findings of the Questionnaire: This stage of investigation focuses directly on the residents' perception and examines how the identity and image of Erbil city are described. The questionnaires were prepared and undertaken in the city of Erbil to discuss residents' perceptions in terms of urban image elements. Five questions in total were asked to the academic teachers and people, which are as follows:

1. What is the identity of the city of Erbil?
2. Which three buildings do you like most in the city?
3. Which building recurs first in your mind about Erbil?
4. How do you see the connection between city centre buildings and the identity of the whole city his-



torically?

5. How do you see the connection between the new city centre buildings and the identity of Erbil?

### 3. Findings and Discussion

#### 3.1. Identity and Character of Erbil

Erbil has been viewed as one of the traditional undergrowing resident cities in the world for over six thousand years. The city is the most important centre of administration of the independent Erbil city region. Erbil is placed about 350 km north of Baghdad (URL1). After Baghdad and Mosul, this autonomous city is the third biggest city in Iraq (Al-Rawi,2015). The urban zone of Erbil city has entailed 130 cities, about 80% of the total Kurdish population lives in the citified areas, and only 20% lives in the countryside (KRG, 2007). In the modern era, most of the cities of the Erbil city region in northern Iraq are command in their way of architecture that general upkeep characteristics and local aspects (Ibrahim et al., 2014).



Figure 7.Erbil citadel with city center

It is underscored by the Erbil citadel and old quarters adjacent to this town. The implications of perfect city construction about harmony outlasted forms and an adhesive structure has been broken down by severing regulations in projecting and design. Some of them were formulated according to religious principles of Islam based on unity, assimilation and intimacy (Ibrahim et al., 2014). (Erbil) Generally, Human beings' way of living has had a prominent impact on the identity of the structures and environment of the Erbil city Region and exclusively on its centre of administration (Erbil). The anatomy of Erbil's texture has been changed by up-to-date modern architecture, urban design trends, and schemes (Al-Rawi,2015).

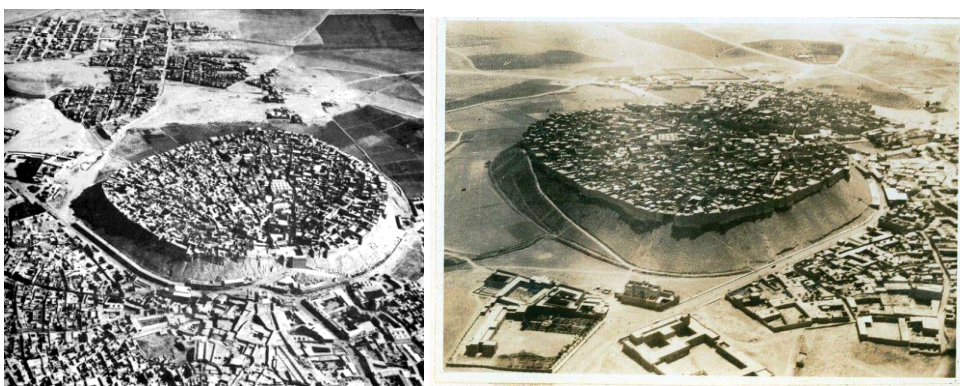


Figure 8.Left Erbil Citadel in 1950 and right 1920 (Nooraddin, 2012)

It creates novel diagonal forms of streets in the citadel grid patterns in the surrounding quarters. Moreover, it replaces decrepit buildings with modern towers. This can happen based on the new town's plans, codes and

rules. Furthermore, it remains evident that urban development stages can fail to ignore historical places that shaped their authentic urban texture for many years.



Figure 9. Changed identity between history and nowadays (URL2)

### 3.1.1. Erbil Citadel

The Citadel Town of Erbil lies in the middle of the larger city of Erbil; Erbil Citadel Town is on the top of an artificial earthen hill, 28 to 32 meters high, dominating the sprawling modern city on the plain below. The town is supposed to have existed uninterruptedly for more than 6000 years. It is considered the oldest permanently inhabited settlement worldwide. Archaeological surface studies have brought to light potshards dating from the Ubaid period, 5500-4000 BC. Because of its past as a fortress and the steep hill, the town has survived countless fierce attacks and sieges. The slope surrounding the citadel is between 35 and 60 degrees, with the Northwestern slope being steeper than the other sides (HCECR) 2012; Progetti, 2011).

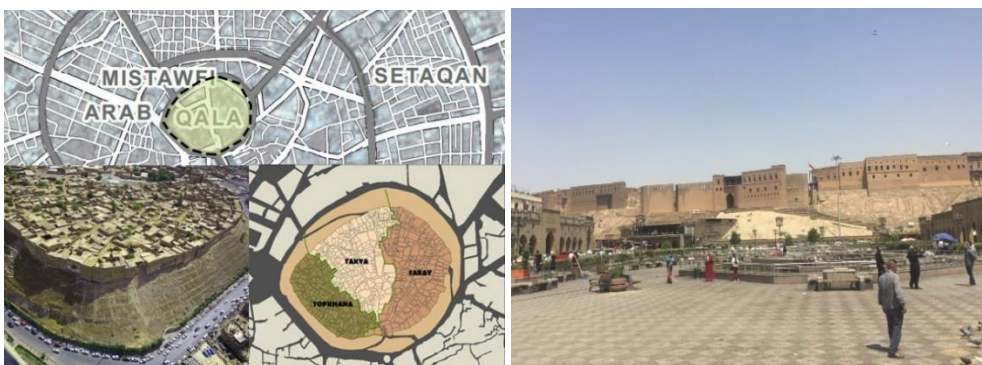


Figure 10. Erbil citadel (author)

The Citadel has the form of an ellipse and, with a surface area of 430 by 340 meters, extends over more than 10 hectares and exactly 102.000 square meters. The average height above sea level is 430 meters, and it is 32 meters higher than the new city. The urban structure mainly consists of houses built from ochre-coloured bricks around traditional courtyards.



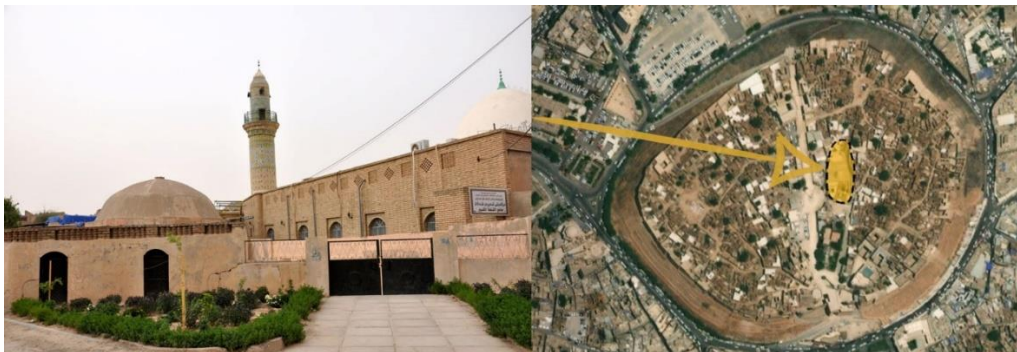


Figure 11. The big mosque of Erbil citadel (author)

There are also several critical public buildings, such as three mosques, including one large house of prayer where lessons were taught about the people's creed. Next to this, there was a prison, a public bath (hammam), seven historic burial places, three gates and several areas with open urban spaces. Historically the citadel is divided into three Mahallas or districts. The division is not physical, but each district had a different character and housed other functions. From east to west, they are (1) Serai, (2) Takaya and (3) Topkhana (Abbas, 2014; Al Yaquoby, 2012).

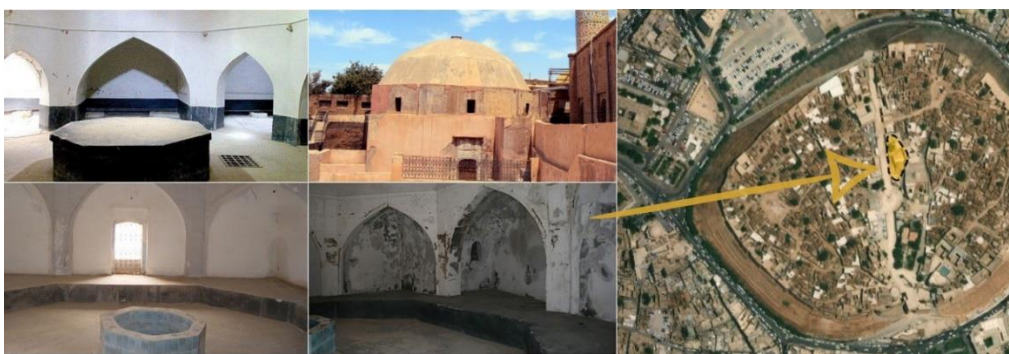


Figure 12. The big Hamam (bath) in Erbil citadel (author)

1. Serai is on the eastern side of the town and is named after the southern gate of the same name. This Mahala was mainly inhabited by wealthy families (Chalabi), civil servants and dignitaries (Afghans).
2. Takyai is the central and northern part of the town. It is so-called because it contains several Takyas for dervishes.
3. Topkhana is the western part of the town and is primarily inhabited by artisans and peasant families. The name suggests there must have been cannons to protect the town from invaders.

Nowadays, there are 330 houses left that are of cultural and architectural value in the whole of the Citadel from about 500... Of those 330 houses, there are 180 in such a condition that they can be renovated. The houses, public buildings and urban spaces have authentic cultural elements and show the remarkable ingenuity and competence of the local architectural traditions in several places (Yaraly, 2008).





Figure 13. Erbil citadel houses (Chalabi) (author)

### 3.1.2. Mustawfi District

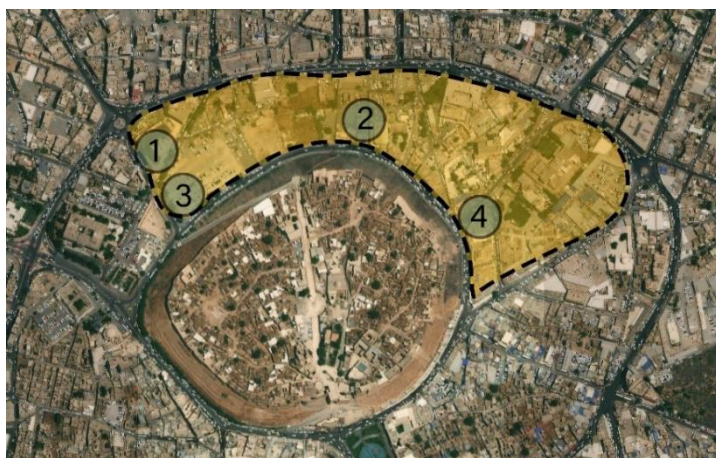


Figure 14. Mustawfi district map (author)

A series of old architectural buildings was built about 60 years ago. These buildings are a combination of three parts; some parts are destroyed to create car parking. Other parts have pure, and the ancient style of Erbil have remained intact in the past 60 years ago. And the rest parts are modern buildings. Finally, there are open spaces left for new projects. The project would be about creating a new museum.



Figure 15. Iraqi old-style buildings photo (1&2) from district map (author)

A rehabilitated building located at the northwestern of Erbil citadel for low making and political decisions. These buildings have accurate security systems. A Bazar called Bata is one of the most expensive places to purchase goods. People from upper social classes live and buy their needs in this sector of Erbil. 2 little parks and a beautifully built mosque can be found there. places to purchase goods. People from upper social classes

live and buy their needs in this sector of Erbil. Needless to say, 2 little parks and a nice built mosque can be found there.



Figure 16. Open space and buildings photo (3&4) from district map (author)

### 3.1.3. Arban District



Figure 17. Arban district map (author)

Since the Arabs migrated to this area, this place has been called the Arab Quarter. There are two types of streets within this historic quarter: old ones that are not inverted enough, and the new one called sultan Mozafar. Sultan Mozafar street is a very famous centre of computer and electronic purchases all over Erbil and Iraq. In other words, Sultan Mozafar Street is a distribution centre of goods to all over Iraq cities.



Figure 18. Sultan Muzafar street in Arban district photo (1&2) from map district (author)



At the back of this street, homes are abandoned by the government for applying projects like creating car parking. In the middle of the Arab quarter, there is Qeshla for soldiers and the army, closed without any rehabilitation. There are homes for selling, an old and disordered mosque, Khanaqa and a public bathroom, and a primary school.



Figure 19. Left khanaqa right Ottoman Qeshla in Araban district photo (3&4) from districtmap (author)

Qaysary Bazar is, known as covered Bazar has rich archaeological and historical backgrounds. This Bazar is built by the Ottoman empire around the citadel in Erbil. All parts of this huge Bazar are covered. However, this Bazar was rehabilitated. But there are still parts with old and intact architecture. The central part of this Bazar is specified to sell and sew Kurdish clothes. Gold markets, sweet home markets, herbal markets and many other markets include this masterpiece of art Bazar.

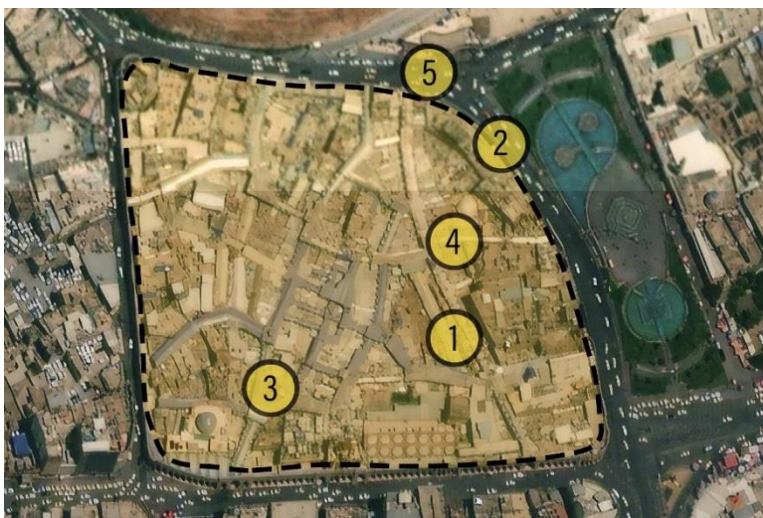


Figure 20. Qaysari in Araban district photos (1&2) from map (author)

This Bazar is built covered because all businesses and buyers are protected from strong sunlight and unfavourable weather conditions, as well as the security of the rooms at the time of replacement. Becomes. The materials used in them, like the budget and the first goal, was the strength of the building. For example, columns and walls are made of stone and brick, plaster and brick are used to cover the roof, and the outer layer of the roofs also acts as straw as moisture-proof thermal insulation. The floor of the bazaars was also dirt that was hammered over time due to traffic, and sometimes it was a brick and stone floor.

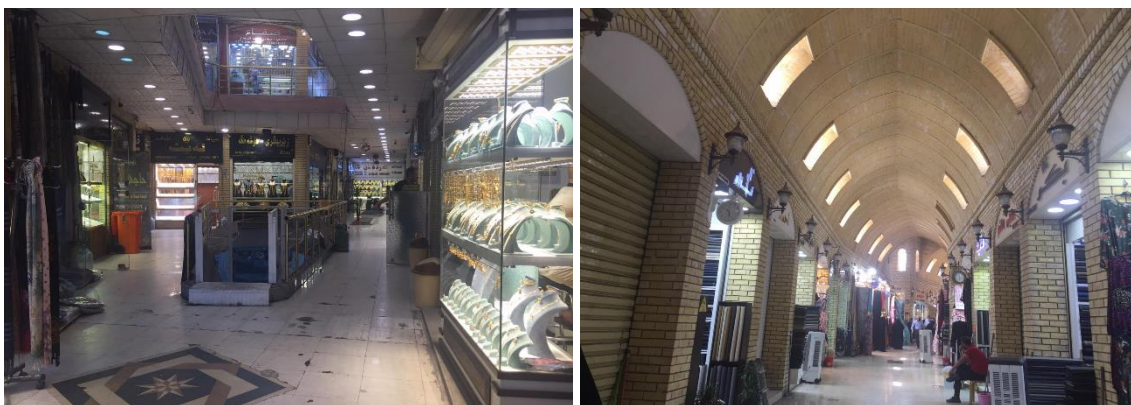


Figure 21. Inside the Qayasari bazar photo (3&4) from map (author)

Qaysary traditional Bazar is one of the country's most beautiful and eye-catching markets. However, some parts of this Bazar have been prefabricated over the years and need to be repaired and taken care of by the people, and they have also disappeared in this case. The covered Qaysary Bazar with its dome-shaped roof is unique from the symmetry so that all its ways are regular. It has hundreds of shops, some of the houses and teams in the market are at the exit, and in the domestic market, it is a form that people want to get away from the scene of the accident. It is worth mentioning that there are many traditional restaurants to provide a sense of purity and tranquillity in this Bazar; Qaysary Gold Market can be considered as an economic, artistic and historical manifestation of Erbil. Many jewellery deals are done in this market every day. The jewellery markets of old cities like Erbil are primarily located in historical places like this Bazar.

Machko café is one of the famous cafés in Iraq. It shows the identity of Erbil. This café located at the entrance of Erbil citadel brings Past to the present because it was established around 80 years ago by Majid Ismael Maarroof. People can sit on a traditional seat, enjoy the fresh air, and order a nice traditional Kurdish drink. Despite well-known people coming to this café for many years, young people and women enjoy spending a beautiful day of life and hearing its historical narrate. The community who visits this café are artists, architectures, lower, and many others.



Figure 22. Machko coffeeshop near Erbil citadel entrance photo (5) from map (author)



The grandson of Machko's founder now is the manager of the chaykhana. This place is a tourism attraction spot. Every year, many tourists from all over the world spend their time in this café. Moreover, foreign tortoises enjoyed drinking a cup of dark tea in this café. It was their first experience of visiting Erbil. They were strolling in Bazar; suddenly they saw this café. Even they had no information about this place, they were sure it was a historical place. So, they decided to have tea. They wanted to visit a historically rich place where he could drink a cup of tea, communicate with other journalists, and smoke. So, he has suggested this place. As a result, this place is considered historically rich, an identity symbol and spirit of Erbil city.

### 3.1.4. Tajeel District

The north part of this quarter is historical; it has many wholesale fabric markets. In the middle of this quarter, there is a traditional home called sheikh Choli. There is also an ancient cheap market for selling phones called Coiter Salam. Unfortunately, homes are mostly destroyed, and the government doesn't support people in rebuilding their own homes.



Figure 23. Tajeel district with the shops in Kotri Salam photo (1&2) from map (author)

There is another street full of restaurants for eating kababs of birds, especially in winter. Moreover, there is a mosque known as Korechi. Additionally, we can find some government buildings. Streets and alleys are narrow. There is a famous food which is very special in Erbil, and it's well-known very delicious in thus restaurants around citadel and Tajeel district.



Figure 24. Falafel and other traditional food shops in Tajeel photo (3) from map (author)

This quarter was an old cemetery, but it was replaced with markets. The wall covers the new cemeteries. This quarter is not matched with the pure identity of Erbil. This market is called Nishtiman. Also, there is the Nishtiman bank and museum and archive of education Erbil.

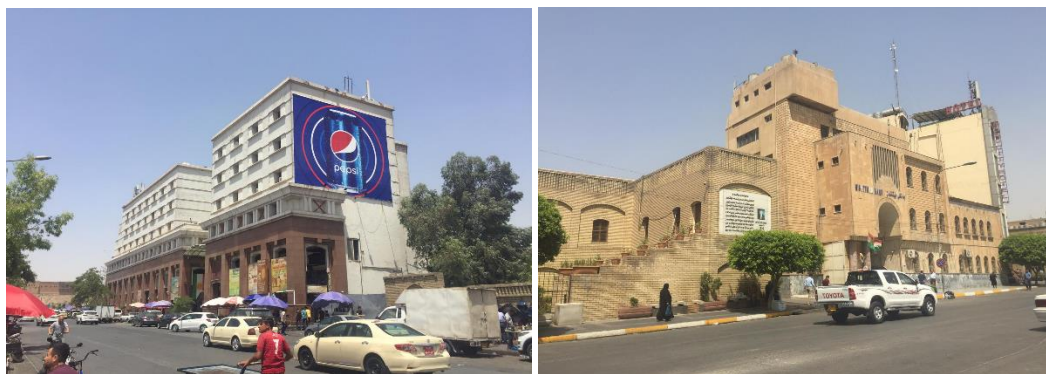


Figure 25. Left the old cemetery changed to bazar right Nishtiman bank in Tajeel district photo (4) from map (author)

### 3.1.5. Khanaqa District



Figure 26. Khanaqa district map photo (1) from map (author)

The covered Bazar is surrounded by vast green space. There was an old market called Dalal Khana instead of this green space in the past. But this market was ruined and instead created a green zone. So that people and tourists could use this space as a resting place. There is a castle on the north side of this green space; on the south side of the bazaar (called Nishtima), on the east side, there is another bazaar, and on the left, there is another bazaar is a Qaysary Bazar. Besides, there is a clock tower on the east side of this green space. Clock towers are a specific type of building that house a turret clock and have one face on the upper exterior walls.



Figure 27. Place of Dalal khana changed to parki shar green open space photo (1&2) from map (author)

There is another Bazar located at one of the sides of Castel. It doesn't have any unique architectural symmetrical forms and orders. Instead, it has used a narrow street surrounded by shops all around. All you have to do is walk through the back of these shops to get acquainted with the other world of this local market. It is easy to purchase second-hand products like carpets, sofa, etc. Also, the construction Bazar is near to this second-handed markets. At the back of this Bazar, old abandoned homes remain.



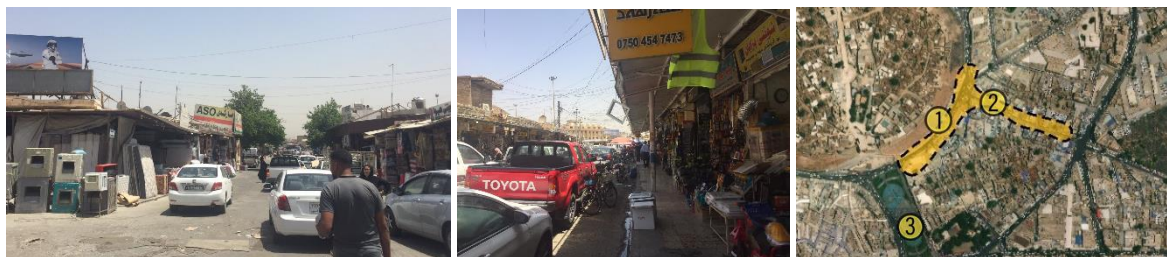


Figure 28. Map and place of second-hand bazar around citadel photo (1&2) from map (author)

Findings shortly: firstly, it must be mentioned that one of the Erbil' markets called Dalal Khanda Bazar located in a local quarter was ruined and replaced with a novel open space park. This is one of the massive changes accrued in Erbil. Besides, some markets are rehabilitated or supplanted by a new one. However, the point is that there are no functionality changes in these new structures. They were just shifted in sizes and appearances. Moreover, the most significant upheaval in this area is the series of changes in the buildings around this market. These variations have obscured the actual value and price of these homes. Only one market called Qaysari has remained unchanged and intact from any recent changes for many years. Furthermore, there are areas in Erbil adjacent to these markets that are wrecked because the government forced the people to migrate to other sites. But it has left these areas unprotected. There is a hypothesis that these neglected areas will be turned into car parking. No need to say that these new structures do not resemble the original identity of Erbil. It can be said that the purpose of building these unique structures was to destroy the original identity.

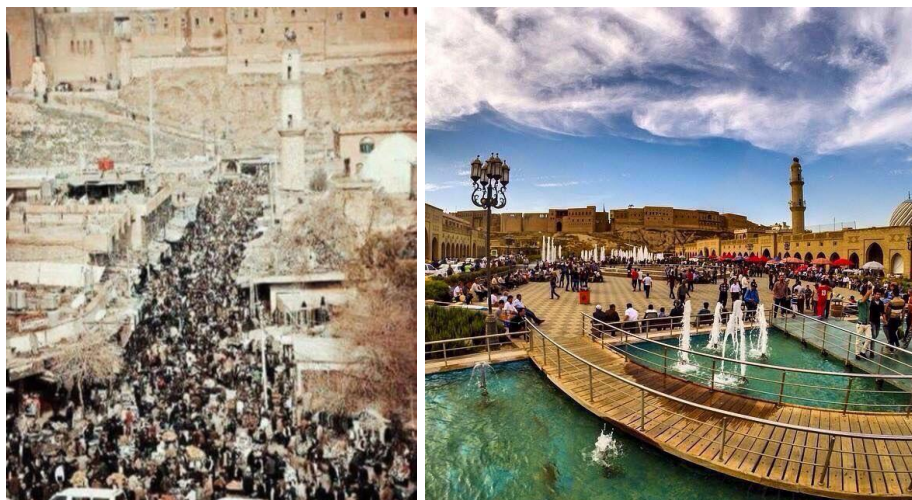


Figure 29. Dalal khana place between past and now photo (3) from map (author)

The second finding is that a circular city remains a future destination. Cities today want to get more and more environmentally sound, more fun, and more beautiful. This is why they are looking for circular concrete and patterns.

Erbil city is like a perfect circular city. This natural geography design is divided into many sectors. These parts start from the city centre and end to citadel and castle. Each zone plays a unique role. For instance, a sector is donated to Big Bazar; another sector is allocated to computer and electric goods.

As a result, the shape of cities can unleash the power of these cities and impact sustainability. Efforts to create circular cities need laser-focus systemic change at the local level, seeking to reinvent urban centres as living demonstration projects of sustainability at scale.



Erbil Castle Bazaar's identity and pure historical background of districts were revealed in this article. The survey targeted 50 architecture department students in the age segment of 26\_35 and 40 professors around 36-45-year-old. Twelve participants were civil engineering, but 28 were architecture engineering teachers in different universities in Erbil and 50 people from Erbil residence.

Around 95% of participants mentioned that Erbil's identity is historical fabric (or classic style or Citadel). 46% of local community declared that they like Citadel, Jalil khayat mosque and Divan hotel, 28% said Shiraton hotel, Shirin place and MRF Quatro are prominent to them, 26% mentioned Erbil government building, Justice tower and Family mall are lovable. So, the government must pay attention to these three places by making the right plans. 50% mentioned Citadel in the first part recursion their mind, 15% choose Manara choli, 20% Shiraton hotel mentioned, 15% stated Divan hotel. According to a survey filled by 140 individuals, people believe Erbil's historical buildings mentioned in this research must be protected and invested in keeping them away from destruction. According to this survey done by 140 persons, Erbil's local community believes that more new parts in Erbil's city centre are growing and rehabilitating. The reason is to save the identity of historical places and retain the city from losing its pure identity.

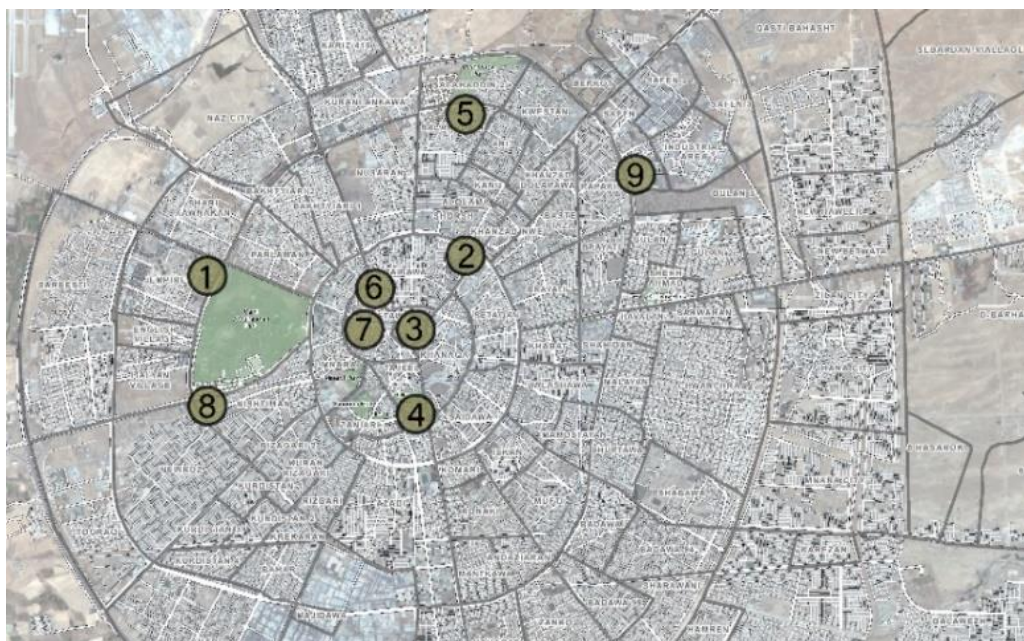


Figure 30. The three buildings selected by participations showing on Erbil map (author)



Figure 31. The three buildings selected by participations (author)

There are many reasons that cause a place to be ruined. One of them is physical factors. Physical changes deteriorate both appearance and socio-cultural values. Some buildings have been destroyed entirely because of a lack of information on specific typologies and building stock. So, the government should physically invest money to evaluate Erbil's historical constructions. A survey filled by 140 individuals reveals that people believe Erbil's historical buildings mentioned in this research must be protected and invested in keeping them away from destruction.

#### 4. Results

Erbil Castle Bazaar's identity and pure historical background of districts were revealed in this article. This study is carried out to present Erbil's identity and keep its lost identity from ancient times till this contemporary time. Both of these goals keep Erbil City growing. The result of visual analysis methods clarified that the identity of a city is based on historical knowledge. According to this fact, identity components of Erbil were started from the very first and historically riches city, citadel and its adjacent areas.

Historical places are significant to people, especially the local community. However, the lack of protection made many historical places destroyed or disappear. It is valid for Erbil Castel, Qaysari, and many other neighbourhoods that formed Erbil's identity as a whole. According to a survey done by this research, many reasons cause a place to be ruined. One of them is physical factors. Physical changes deteriorate both appearance and socio-cultural values. A series of documents prove Erbil has flourished since its establishment. However, instead, it lost identity elements and components during historical fluctuations.

There are many reasons that cause a place to be ruined. One of them is physical factors. Physical changes deteriorate both appearance and socio-cultural values. In addition, some buildings have been destroyed because of a lack of information on specific typology and building stock. So, the government should

physically invest money to evaluate Erbil's historical constructions. A survey filled by 140 individuals reveals that people believe Erbil's historical buildings mentioned in this research must be protected and invested in keeping them away from destruction.

The last but not most minor result of this research is that a series of documents prove that Erbil has flourished since its establishment. However, instead, it lost identity elements and components during historical fluctuations. Thus, according to this survey done by 140 persons, Erbil's local community believe that new and more parts in the city centre of Erbil are growing and rehabilitating. The reason is to save the identity of historical places and retain the city from losing its pure identity. Some believe that lack of proper planning stops the city centre buildings from getting better in appearance. Others said that Erbil's identity of city centre places must be preserved. It means that people know the rule of historically core constructions rehabilitation.

Plus, some hold the opinion that lack of right planning stops the city center buildings from getting better in appearance. Others said that Erbil's identity of city center places must be preserved. It means that people are aware of the rule of historically core constructions rehabilitation.

Another significant result of this research is that the Lack of proper management, Lack of awareness of historical sites and unawareness of the identity values of Erbil has caused the government to destroy the structures that symbolize the identity of Erbil and build systems that do not reflect the identity of Erbil.

## Kaynaklar

- Al-Rawi, M. (2015). Erbil: Ancient City and "Second Dubai". *GEOExPro*, 12(1): 84-85.
- Dönmez, Y. and Türkmen, F. (2015). The role of landscaping in the purchasing decision of tourists: The case of Belek. *Tourism Academic Journal*, 2(2).
- Dönmez, Y. and Türkmen, F. (2018). The relation between the landscape design and brand image in purchase preferences of tourists: the case of Safranbolu and Nevşehir, in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(1):629-643.
- Duhl, L. J., Sanchez and A. K. (1999). *Healthy cities and the city planning process: a background document on links between health and urban planning* (No. EUR/ICP/CHDV 03 04 03). Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Hussein, F., Stephens, J. and Tıwari, R. (2020). Cultural Memories and Sense of Place in Historic Urban Landscapes: The Case of Masrah Al Salam, the Demolished Theatre Context in Alexandria, Egypt. *Land*, 9(8): 264. <https://doi.org/10.3390/land9080264>
- Ibrahim, H. (2020). *Approach Based on Traditional Architecture Indicators to Strengthen Urban Identity in Diverse Cities*. In: Design of Cities and Buildings-Sustainability and Resilience in the Built Environment. IntechOpen.
- Ibrahim, R., Mushatat, S. and Abdelmonem, M. G., (2014). Authenticity, identity and sustainability in post-war Iraq: reshaping the urban form of Erbil city. *Journal of Islamic Architecture*, 3(2), 58-68.
- Jarah, S. H. A., Zhou, B., Abdullah, R. J., Lu, Y. and Yu, W. (2019). Urbanization and Urban Sprawl Issues in City Structure: A Case of the Sulaymaniah Iraqi Kurdistan city Region. *Sustainability*, 11(2), 485. <https://doi.org/10.3390/su11020485>
- Jawhar, S. S. (2018). *The Effect of The Roof and Glazing Type of Traditional Courtyard Houses on Energy Efficiency. A Case of Erbil City, Iraq*. Master thesis. Near East University, Nicosia.
- Köse, B. Ve Dönmez, Y. (2021). Mahalle Ölçeğinde Kültürel Değerlerin Kent Kimliğine Etkileri: Kale Mahallesi-Samsun. *Kent Akademisi*, 14 (4), 1156-1190. DOI: 10.35674/kent.955281
- KRG, (2007). *Erbil: statistic year book*. Ministry Of Planning, Regional Statistical Office.
- Mironowicz, I. and Ryser, J. (2011). *The prospect of Transformation. Urban Change*.
- Nooraddin, H. (2012). Architectural identity in an era of change. *Developing Country Studies*, 2(10), 81-96.
- Ozaslan, N. (1996). *Historic urban fabric: Source of inspiration for contemporary city form*. (Dept. of Architecture. Unpublished Ph. D). University of York.
- Ozturk, S., Isinkaralar, O. and Ayan, E. (2018). Visibility Analysis in Historical Environments: The case of

- Kastamonu Castle and its Surrounding. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 8(4), 405-412.
- Ozturk, S., Isinkaralar, O., Yilmaz, D. and Cicek, E. (2021). *Tourists' Perspective of Cultural Heritage Areas: Importance-Performance Analysis of Safranbolu*. Research&Reviews in Architecture, Planning and Design, Gece Akademi, 133-155.
- Ozturk, S., Isinkaralar, O., Yilmaz, D. and İhtiyar, M. (2020). As A Protection Approach, The Historical Route Which is Converting to The Cultural Route: The Case of Kastamonu. *Turar Journal of Tourism and Research*, 9(2), 144-159.
- Ökesli, D. S., Gürçınar, Y. (2012). An Investigation of Urban Image and Identity Findings from Adana. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 37-52.
- Öztürk, S. ve Işınkaralar, Ö. (2019). Kastamonu kent merkezinde otopark sorunsalı: Eleştirel bir değerlendirme. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(67), 506-511.
- Öztürk, S., Işınkaralar, Ö. and Yılmaz, D. (2021). Perceptions and Attitudes of Local People After Restoration Works (The Case of Kayseri Castle). *Journal of Eastern Geography*, 26(45),183-194.
- Pinho, P. and Oliveira, V. (2010). *Bringing City Form Back in city 3rd Annual Conference on Planning Research*.
- Rasul, A., Balzter, H. and Smith, C. (2016). Diurnal and seasonal variation of surface urban cool and heat islands in the semi-arid city of Erbil, Iraq. *Climate*, 4(3), 42.
- Rifaioğlu, M. N. and Şahin, Güçhan, N. (2007). The Concept of Identity and Its Identification Process in Urban Conservation Projects. In *An International Conference of CSAAR on Regional Architecture and Identity in the Age of Globalization*. 3: 1099-1111.
- Sağlık, E. and Kelkit, A. (2017). Evaluation of Urban Identity and Its Components in Landscape Architecture. *Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi (IJLAR)*, 1(1), 36-39.
- URL1. <https://su.edu.krd/about/history/erbil> .Salahaddin university Erbil,(10.04.2021).
- URL2. <https://collections.lib.uwm.edu/digital/collection/agsphoto/id/21012/>, Uwm Milwaukee, Uwm Libraries Digital Collections, (25.04.2021).
- Yaldız, E., Aydın, D. and Sıramkaya, S. B. (2014). Loss of city identities in the process of change: the city of Konya-Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 140, 221-233.
- Yilmaz, D. and Isinkaralar, O. (2021). How Can Natural Environment Scoring Tool (Nest) be Adapted for Urban Parks?. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2), 127-139.
- Zineb, S. and Dönmez, Y. (2021). Urban Identity and Environmental Perception in Annaba, Algeria. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2), 83-99.



# Kent İçi Otopark Çözümlerine Akıllı Yaklaşımlar: Safranbolu Kent Örneği

Ayşe Betül ÇUFALI<sup>1</sup>, Yasin DÖNMEZ<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Karabük, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönerim: 12.08.2021

Kabul: 08.02.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi



**Anahtar Kelimeler** – Akıllı kentler, akıllı otopark önerileri, otopark çeşitleri, Safranbolu

**Öz** – Günümüzde kentleşmenin hızlanması ile kentlerde yaşayan nüfus artmaktadır. Bu hızlı artış ile plansız kentleşme ilerlemiş ve kentsel sorunlar ortaya çıkmıştır. İlerleyen ve gelişen yeni teknolojilerle bu sorunlara akıllı çözümler aranmaya başlanmıştır. Kentsel sorunların önemli bir bileşeni olan trafik ve yoğun araç sıkıntısı, yakıt ve çevre kirliliği sorunlarını da ortaya çıkarmıştır. Sınırlı kaynaklar ve yoğun nüfuslu şehirlerin yönetimi gibi çeşitli sıkıntılar barındıran kentler için akıllı çözümler üretilmeye başlanmıştır. Verileri eş zamanlı işlemek ve veri entegrasyonu gibi ileri teknoloji kullanılarak sürdürülebilir akıllı kentler ile çözüm önerileri getirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, akıllı kentler ve otopark çözümleri ulusal ve uluslararası boyutta araştırılarak incelenmiştir. Tarihi ve turistik değere sahip Safranbolu kentinde, ticari, eğitim ve turizm açısından önemli bir yere sahip olan Sadri Artunç Caddesi'nde yaşanan trafik ve otopark sorunu analiz edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda caddede yaşanan otopark sıkıntısına ve trafik sorununa çözüm niteliğinde akıllı otopark sistemi önerilmiştir.

# Smart Approaches to Urban Parking Solutions: Safranbolu City Example

<sup>1</sup>Karabük University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Karabük, Turkey

## Article History

Received: 12.08.2021


Accepted: 08.02.2022

Published: 15.04.2022

## Research Article

**Abstract** – In today's world, with the acceleration of urbanization, the population living in cities is increasing. With this rapid increase, unplanned urbanization has progressed and urban problems have emerged. With the advancing and developing new technologies, smart solutions have been sought for these problems. Traffic and heavy vehicle shortages, which are an important component of urban problems, have also revealed fuel and environmental pollution problems. Smart solutions have started to be suggested for cities that have various problems such as limited resources and the management of densely populated cities. Sustainable smart cities and solutions have been proposed by using advanced technology such as simultaneous processing of data and data integration. Within the scope of this study, smart cities and parking solutions have been researched and examined on a national and international scale. In the city of Safranbolu, which has historical and touristic value, the traffic and parking problem in Sadri Artunç Street, which has an important place in terms of commercial, education and tourism, has been analyzed. In line with the data obtained, a smart parking system has been proposed as a solution to the parking problem and traffic problem on the street.

**Keywords** – Smart cities, smart parking implications, parking lot types, Safranbolu

<sup>1</sup>  aysecufali@karabuk.edu.tr

<sup>2</sup>  yasindonmez@karabuk.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Akıllı kent tanımlamalarında, etkin kentsel hizmetler ve verimli kent sistemleri (Goodspeed, 2015:83) ana temaları çerçevesinde iki önemli nitelik göze çarpmaktadır. İlk olarak, kentsel alt sistemlerin parçalarının birleştirilmesi ve koordinasyonunda teknoloji kullanılarak ekonomik gelişme, servet oluşturma ve yeni iş imkanları için daha akıllı çözümler getiren ortam olmalarıdır (Lin, Rivano, ve Le Mouël, 2017). İkinci nitelik olarak da daha fütüristik bir tanımla, yaşanmış tecrübelerin yeni gerçekliği -çoklu konsept- (Komninos, 2015:19) çağrıştıran kentsel mekanlar olmalarıdır (Glasmeier ve Christopherson, 2015:6). Endüstrileşme süreci, mekânsal ve toplumsal yapıyı önemli ölçüde etkilemiştir. Bu süreçle birlikte, iş gücü ihtiyacına bağlı olarak yaşanan göç, kent merkezlerinde nüfus yoğunluğunun artmasına neden olmuştur (Onur, 2021). Artan nüfus ile birlikte teknolojik gelişmelerin hızlı ve pratik çözümlenmeleri karşısında, tasarımcılar mekanlara ilişkisinde çözüm önerileri getirebilme noktasında farklı arayış içerisine girmişlerdir. Özellikle 21 yy. içerisinde akıllı şehirlere yönelik arayışlar ön plana çıkmaktadır.

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %55'i kentsel mekânlarda yaşamaktadır. 2050 yılında ise bu oranının %70'lere ulaşacağı (Velibeyoğlu vd., 2018) öngörülmesi sebebiyle, XXI. yüzyıl şehirleşme yüzyılı olarak görülmektedir (Kayapınar, 2017). Günümüzde kentler son derece dinamik, üretken, yenilikçi, olmalarının yanı sıra, kentlere yoğun göç nedeniyle kayıt dışılık, sağlık, enerji, trafik, atık yönetimi, hava ve su kirliliği, plansız kentleşme, kaynaklara erişim ve suç oranlarında artış gibi bir takım olumsuz problemlerle karşı karşıyadırlar (Bilici ve Babahanoğlu, 2018). Bu kadar büyük nüfus yoğunluğu sonucu milyarlarca akıllı cihaz da birbirleriyle iletişim kurmaya başlayacak ve veri yoğunluğu ortaya çıkacaktır (Rathore vd., 2016).

Akgül (2017)'e göre; bilgi ve iletişim teknolojileri kent hayatını, kültürünü ve kentlilerin alışkanlıklarını çok hızlı bir şekilde değiştirmekte ve dönüştürmektedir. Bu dönüşümün sonucunda kentin kullanım şekilleri; vatandaşların istek ve beklentileri tamamen farklı boyutlara taşınmaktadır. Bugün kentler oldukça canlı, hareketli, üretken, maruz kaldığı yoğun nüfus akımları nedeniyle trafik, sağlık, atık, su ve hava kirliliği gibi birçok sorunla yüz yüzedir (Örselli ve Akbay, 2019). Bu sebeple planlama ve tasarımda akıllı stratejilerin de akıllı yerleşme boyutunda sürece dahil edilmesi, gelişim stratejileri açısından önem arz etmektedir. Bu noktada bahsi geçen "akıllı yerleşme" kavramı genel anlamda kentlerin insan ve doğa için en çok verimi temin edebilecek bir biçimde kapsayıcı bir bakış açısıyla yeniden yapılandırmayı amaçlamaktadır (Sınmaz, 2013).

Kentleşme ve teknolojik gelişmelerle beraber artan nüfusun bir getirisi de artan araç yoğunluğu olmuştur. Bu araç yoğunluğu ile kentin mekânsal ilişkisi depolama faaliyetine yarayan otopark mekanlarıdır (Kaplan & Yıldız, 2001). Kent içi otopark sistemleri özellikle nüfusun yoğun olarak yaşandığı yerlerde kendilerine özgü tasarımları ile hayatı kolaylaştırıcı çözüm pratikleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı otomasyon sistemleri, çok katlı asansörlü sistemler ve dikey olarak tasarlanan örnekler bu konuda önemli tasarımlar olarak günümüzde kendilerini göstermektedir. Özellikle trafiğe çıkan araç sayısının her geçen gün arttığı günümüzde, hayatı kolaylaştırıcı akıllı çözümler konusunda mimarlar, mühendisler gibi çeşitli meslek grupları da kentlerde arayış içine girmişlerdir (Fraifer ve Fernström, 2016). İnsan hayatının artık vazgeçilmez araçlarından biri olan cep telefonları, sunduğu programlar vasıtası ile hayatı kolaylaştırıcı çözümler üretmektedir. Bunlardan bir tanesi de otopark bulma, rezerv etme ve kullanma imkanlarının sunulmasıdır. Böylelikle bulunduğu yerden gidilecek yere, uygun alanlarda otopark alanlarının boşluk-doluluk durumlarının görülmesi ve istenilmesi halinde rezerv etme imkanlarının oluşması sağlanılmıştır. Park yeri rezervasyonu ile sürücülerin yer arama süresini önemli ölçüde azaltmak ve park etme esnasında yaşanan karmaşıklığın önüne geçmek (Wang ve He, 2011) amacıyla gelişmiş algılama ve mobil teknoloji ile entegre rezervasyon tabanlı bir çözüm önerilmektedir. Böylece günümüzde yaygınlaşan akıllı çözümler ile oluşabilecek trafik sorunlarının önüne geçilebilecek, otopark sorununa çözüm bulunabilecektir.

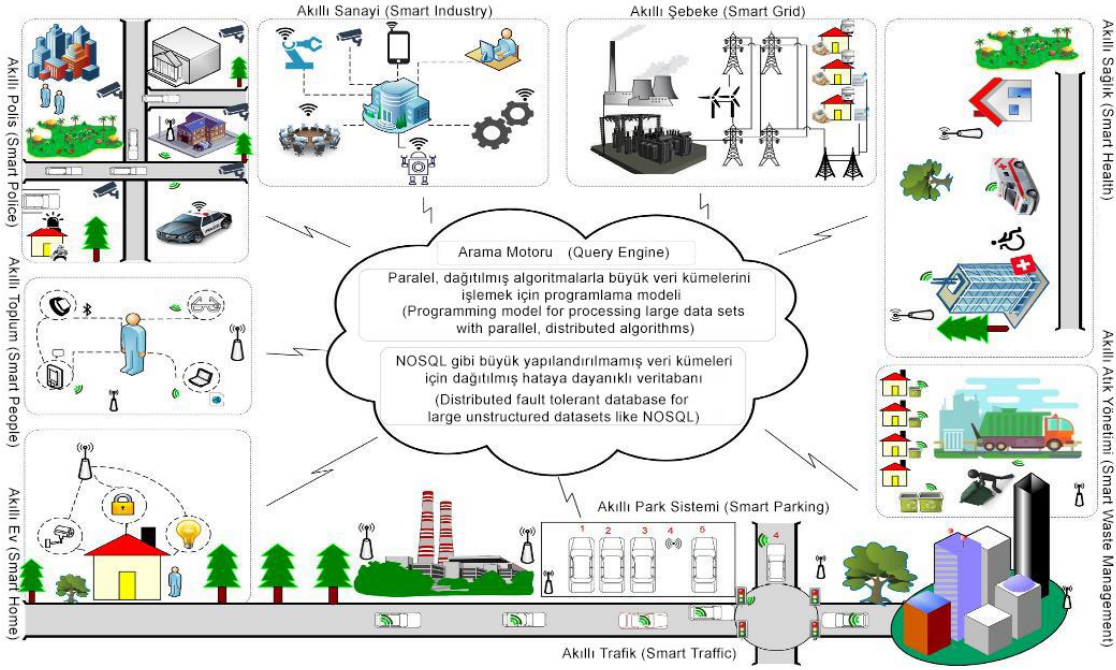
Safranbolu, 1994 yılında kültürel ve doğal peyzaj zenginliğiyle UNESCO tarafından "Dünya Miras Kenti" olarak ilan edilmiştir (Bogenç, 2016). Turistik açıdan kentin çekici gücü artmış, kentteki kalıcı ve geçici



nüfus artmıştır. Kentteki yoğun turistik faaliyetler, artan eğitim birimleri ve yeni yerleşimler ile park sıkıntılarında artış gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, oluşan otopark sıkıntılarında akıllı otopark çözümleriyle kentteki sorunların azaltılması amaçlanmıştır. Tarihi çarşı ile yeni yerleşim alanlarını birbirine bağlayan Sadri Artunç Caddesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Literatürden elde edilen bilgiler ile, alanda yapılan gözlemler sonucunda ortaya çıkan sorunlara öneri bir yaklaşım sunulmuştur.

## **2. Akıllı Kent ve Otoparklar**

Akıllı kentler, kent nüfusunda hızla artış sebebiyle ortaya çıkan (Talari vd.,2017) sorunlara çözüm amaçlı ortaya çıkmakta, teknoloji ile şehrin bütünlüğünü anlatmaktadır. Akıllı kentlerin genel amacı, kaynak bozunumunu azaltmak ve bütün kent ile ilgili maliyetleri en aza indirmek için modern teknolojileri kullanarak kentin bütün kullanıcılarının yaşam kalitesini artırmaktır (Washburn vd., 2010). Harrison vd. (2010) “akıllı” sıfatını gerçek zamanlı verileri kullanma, bütünleştirme ve paylaşma olarak tanımlamıştır. 20. Yüzyıl itibarıyla şehirlerde hızlı nüfus artışı sonucu doğal kaynaklarda fazla tüketim, trafik sıkıntıları ve sonrasında çevre kirliliği gibi sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır (Kim ve Han, 2012; Onur and Tuna Kayılı, 2021). Motorlu taşıtların sebep olduğu zararlı gazlar, şehirlerdeki hava kirliliğinin önemli sebepleri arasına girmiştir (Ahlgren, Hidell ve Ngai, 2016). Her ne kadar artan araç sayısı nedeniyle şehirlerde trafik sıkışıklığı daha yaygın hale gelmiş olsa da kentsel hareketlilik, akıllı kentlerin en önemli bileşenlerinden birisi olarak kabul edilmektedir (Tekouabou, Cherif ve Silkan, 2020). Bu yüzden, bu sorunları azaltmak, kaynakları optimize etmek, etkin ve adil yönetimi ile sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla şehirlerde yenilikçi teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle kentlerin de bu çağa uygun olarak verileri insan yaşamının konforunu ve verimini artırmaya yönelik değerlendirmesi gerekmektedir (Dal & Özdemir, 2020; Tuna Kayılı, 2020). Bu sürece ayak uydurmak ve sürekli devinim, değişim içinde olması için çeşitli faktörler vardır. Chourabi vd. (2012) bu faktörleri yönetim ve organizasyon, teknoloji, politika, insanlar ve toplumlar, ekonomi, altyapı ve doğal çevre bileşenleri olarak tanımlamıştır. Bu bileşenler çerçevesinde kentlerin tasarımı ve planlaması yapılarak sağlık, enerji ve su tüketimi, afet yönetimi, trafik, ulaşım gibi çeşitli kentsel sorunlara çözümler üretilmeye başlanmıştır. Örneğin; otopark sorununu ortadan kaldırmak amacıyla verileri gerçek zamanlı paylaşarak daha etkin bir yönlendirme ile kullanıcılar kısa sürede araçlarını kalabalık ortamlarda park edebilmektedir. Kullanıcılar arasında kurulan bu veri entegrasyon sayesinde turizm, sanayi, eğitim gibi çeşitli nedenlerle kent nüfusu yüksek olan yerlerde ulaşım sorunsuz çözülebilmektedir. Temelde bu çözümler büyük veri, veri madenciliği, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve endüstri 4.0 akıllı şehirlerle ilişkisi bağlamında değerlendirilmektedir. Şekil 1 ile büyük veri ve bulut bilişim üzerinden akıllı şehircilik sistemi anlatılmaktadır.



Şekil 1. Akıllı kent ve büyük veriye dayalı teknolojiler (Köseoğlu ve Demirci, 2018'den uyarlanmıştır.)

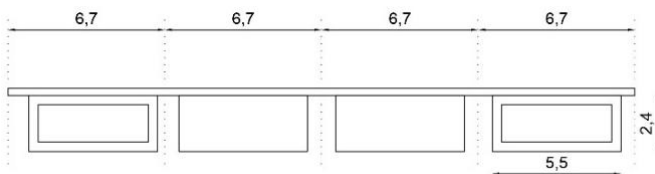
Genel anlamda bakıldığında akıllı şehircilikte entegre çalışan sistemler ve bilgi paylaşımı ön plana çıkmaktadır. Büyük veri setlerini işlemek için paralel algoritmalar ve programlama kullanılmakla beraber, bu verilerden değer üretmek için de veri madenciliği teknolojileri kullanılarak veri analitiği yapılmaktadır (Hashem vd., 2016). Veri toplayan bu araçlar internet aracılığıyla senkronize çalışarak veri alışverişi yapabildiği ve iletişime geçebildiği uygulamalar ise nesnelerin interneti olarak tanımlanmaktadır. Sanayi devriminin dördüncü evresi olarak adlandırılan Endüstri 4.0 ise, makine ve ürünlerin insan kontrolü dışında iletişime geçebildiği akıllı sistemleri temsil etmektedir (Köseoğlu ve Demirci, 2018). Tüm bu sistemler sayesinde kentsel hizmetler daha ekonomik, verimli ve etkili sunulmaktadır. Hem çevre kirliliği azaltılmakta hem de trafik sorunlarının önüne geçilebilmektedir.

Karayolları Trafik Yönetmeliği'nde park yeri veya otoparkların tanımı, araçların park etmesi amacıyla kullanılan açık veya kapalı alanlar olarak geçmektedir (Anonim, 2021a). Otoparklar park ediliş biçimlerine göre "yol boyu park" ve "yol dışı park" olmak üzere ikiye ayrılır (Kaplan & Yıldız, 2001).

## 2.1. Yol Boyu Park

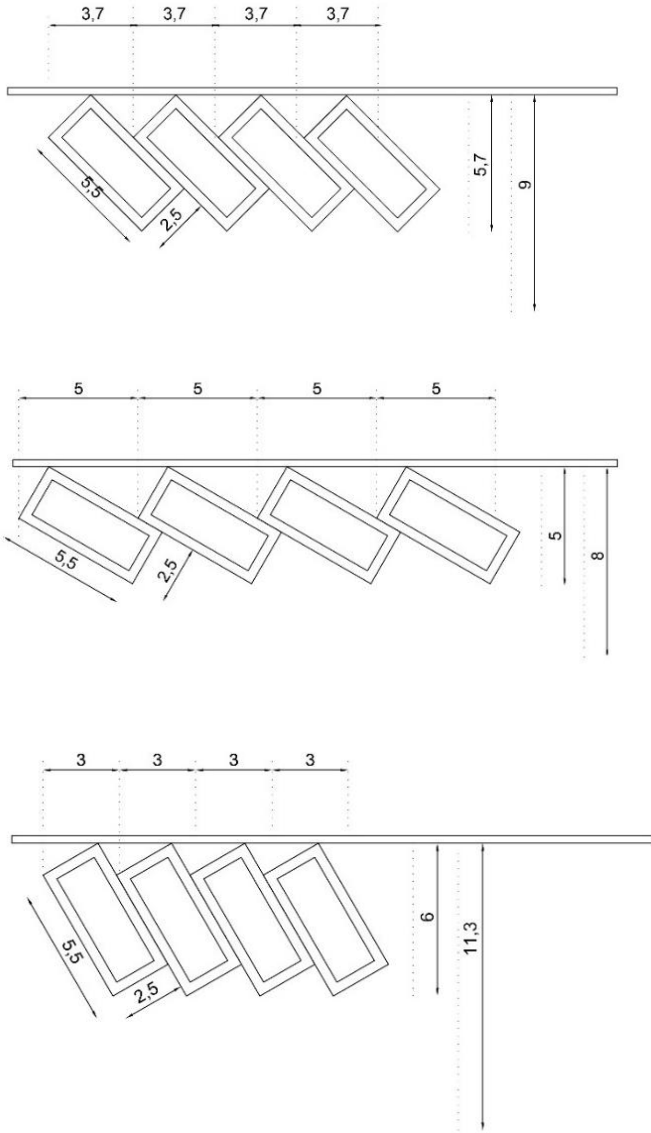
Yol boyu park, yaya kaldırımlarından ayrı bir biçimde araç yolları üzerindeki ceplerde veya orta refüjlerde olmak üzere yol kenarında yapılan park alanları olarak adlandırılmaktadır. Bu tip otoparkların kullanım süresi sınırlı veya kullanımı süresiz olabilmektedir. Yol boyu park etme düzenlemeleri üç sınıfa ayrılmaktadır (Kaplan & Yıldız, 2001).

### I. Paralel park (0°)



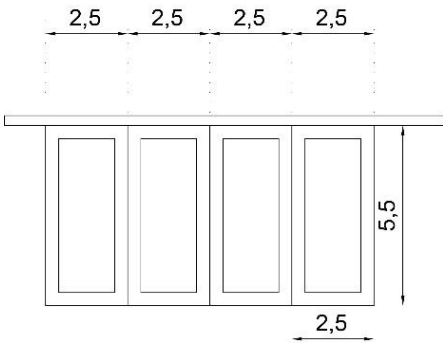
Şekil 2. Paralel park gösterimi

II. Eğik açılı park (genelde 30 °, 45 °, 60 °)



Şekil 3. 30°-45°-60° park gösterimleri

III. Dik açılı park (90 °)



Şekil 4. Dik açılı park gösterimi

Bunun yanı sıra yol kenarı parkı için izin verilmiş alanlarda engelli bireylerin de park edeceği yeterli sayıda otopark yerleri tesis edilmelidir (Türk Standardı TS 12576, 1999).

## **2.2. Yol Dışı Park**

Yol dışı park, araç yolu dışında, sokak ve caddelerden ayrı bir alanda özel olarak düzenlenen açık veya kapalı park yerleridir. Yol dışı parklarda park yerlerinin açıları, yukarıdaki gibi birden fazla eğik açılı veya dik açılı düzenlemeyi içerebilmektedir. Ancak genellikle manevra alanı dahil her araç için 25-30 m<sup>2</sup> yer düşünülürken, park bölmelerinin genişliği 2.20-3.00 m alınmaktadır (Gökdağ&Yarbaşı, 2004).

## **2.3. Akıllı Otopark Sistemleri**

Akıllı otopark uygulamaları kapsamında ülkemizde ve dünya genelinde çeşitli örnekler mevcuttur. Ülkemizde en yaygın olanı, İstanbul Kart ile entegre olarak hizmet veren İstanbul Park (İSPARK) sistemi incelenmiştir. Otopark ve ulaşımda aynı kart kullanılarak veri bütünlüğü sağlanmış olup, ödeme kolaylığının yanı sıra dolu-boş bilgisi gösteren mobil uygulamalar desteğiyle akıllı şehirciliğe önemli katkısı bulunmaktadır. Bu hizmeti sağlayabilmek için öncelikle sahadaki tüm donanımlarda veri entegrasyonunu sağlayacak teknolojik altyapı oluşturulmuştur. Yol üstü park işleminde el terminalleri sayesinde işleyiş kontrol edilmekte ve sürücüler park öncesi veya sonrasında akıllı ödeme sistemi ile ödemesini yapmaktadır (Güngör ve Öztürk, 2017).

Bir diğer örnek ise Android tabanlı olarak geliştirilen akıllı otopark sistem örneğidir. Bu çalışma ile kentin farklı otoparklarında park yeri bilgisinin kullanıcılar ile anlık paylaşılması hedeflenmiştir. Akıllı otopark sistemi sayesinde uygun park yerinin bulunmasının yanı sıra zaman kaybının önlenmesi ve maliyetin düşürülmesi amaçlanmıştır (Kılıç ve Tuncer, 2017). Hareket sensörü ile park yerine gelen araç tespiti yapılarak giriş çıkışlar kontrol edilmektedir. Veri depolama ise internet üzerinden yapılarak kullanıcı uygulamalarından erişilerek eş zamanlı olarak bilgi aktarımı sağlanmaktadır.

San Francisco ve Los Angeles bölgeleri için geliştirilmiş bir başka akıllı park sistemi ise tahmini varış süresini de hesaba katarak hem zamansal hem mekânsal bir hesaplama yapılmaktadır (Rajabioun ve Ioannou, 2015). Böylece park kullanılabilirliğini yüksek doğrulukla tahmin ederek kullanıcıya tavsiye park yeri sunulmaktadır. Önerilen modelde, geçmiş ve gerçek zamanlı veriler birlikte kullanılmaktadır. İşlenen veri sonucunda sürücünün park etmeyi planladığı alanda park yeri olup olmadığına ilişkin çevrimiçi tahminlerde bulunmaktadır.

Becchini vd. (2013) ise iki aşamalı bir sistem önermiştir. İlk aşama, farklı renkler kullanılarak kategorize edilmiş park rezervasyonlarını veya mevcut park doluluk oranlarını belirlemek için bir mobil GPS sistemi kullanılmaktadır. Dört farklı renk kullanılmaktadır:

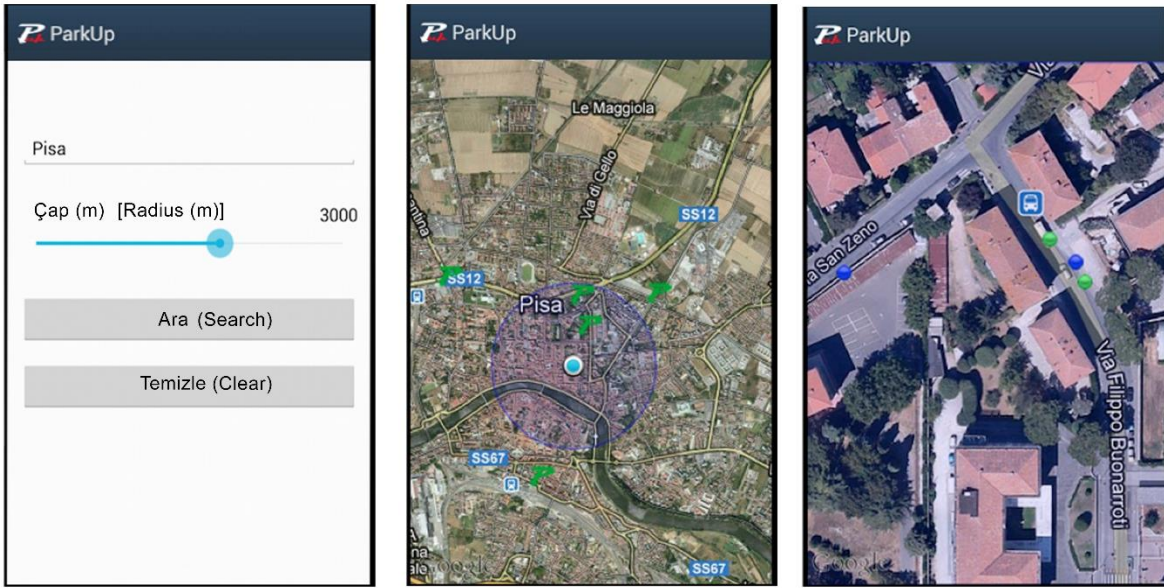
Yeşil: Müsait park yeri;

Mavi: Müsait ve rezerve edilebilir park yeri;

Sarı: Başka bir kullanıcı tarafından rezerve edilen park yeri;

Kırmızı: Mevcut değil.

Kullanıcı ilk olarak, park edeceği konumu ve bu konumun çevresinde bir “tolerans” çapı belirtmektedir. Örneğin, Şekil 5'de kullanıcı, Pisa'nın merkezindeki park yerlerinin durumuyla ilgilenmektedir, yaklaşık 3 km ise kullanıcının park yeri mesafe toleransıdır. Sistem, tüm alanın durumunu (Şekil 5) “P” harfi ile tanımlanan farklı renkler aracılığıyla göstermektedir.



Şekil 5. Konum, park alanları ve ayrıntılı park konumu bilgisi ekranı (Becchini ve ark., 2013'den uyarlanmıştır.)

Yeşil, ilgili sokakta en az bir boş park yeri bulunduğu anlamına gelirken kırmızı, tüm park yerlerinin dolu olduğunu belirtmektedir. Kullanıcı, Şekil 5'de olduğu gibi daha ayrıntılı bir harita görünümüne sahip olmak için yakınlaştırmaktadır.

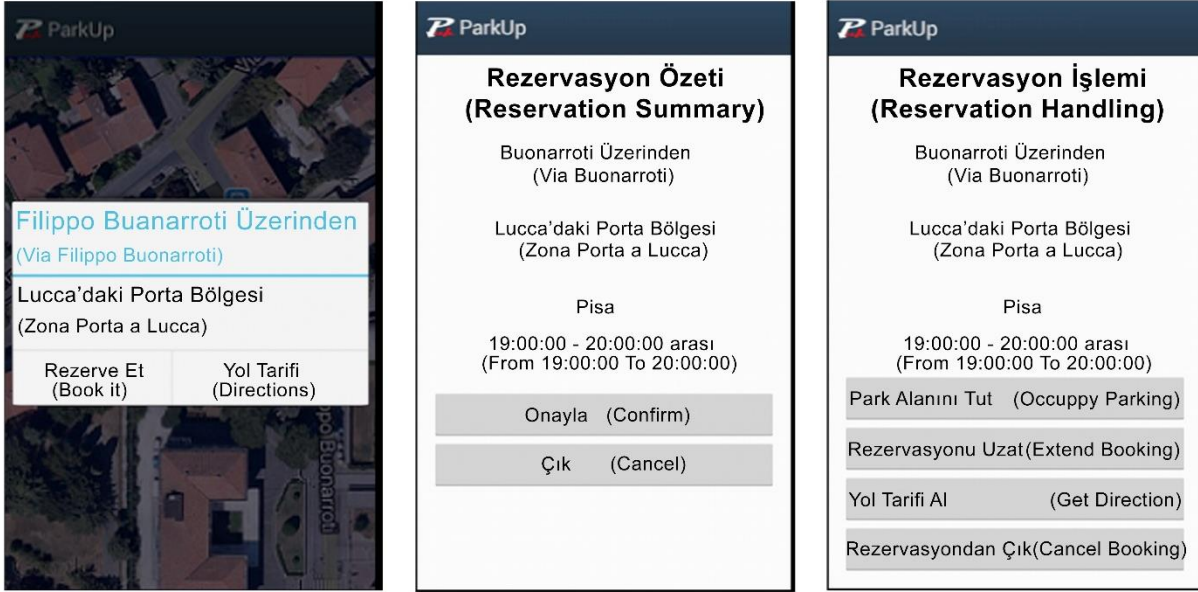
İkinci aşama, sürücü park yerinin önündeki QR kodunu okutarak aracı park ettiğinde başlar ve bu durum otomatik olarak güncellenerek bir bilgi sistemi aracılığıyla kullanıcıya cep telefonu aracılığıyla gönderilmektedir. Bu aşamada, doluluk süresinin başladığının bildirimini gerçekleştirilir. Bu, park yerine ait QR kodunu okuyarak yapılabilmektedir (Şekil 6). O andan itibaren, kullanıcı, yönetim ekranına erişerek, park yeri ile ilgili uygun park yeri, park süresi ve şimdiye kadar ödenecek tutar gibi bilgileri izleyebilmektedir.



Şekil 6. QR kod sistem görseli (Becchini vd. (2013)

Sistem ayrıca uzaktan park yeri rezerve edebilme olanağı da sağlamaktadır. Kullanıcı, mavi küçük noktaya dokunduğunda, rezervasyon yapma fırsatı veren bir açılır pencere belirir (Şekil 7). Kullanıcının bir park süresi belirtmesi gerekir ve rezervasyon bilgilerinin onaylanması ile rezervasyon yapılmaktadır (Şekil 7).

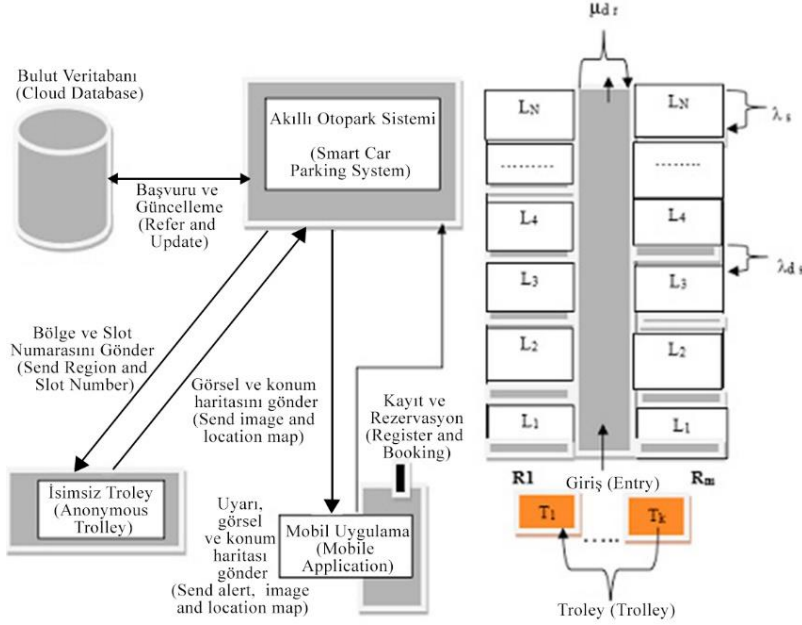
Sonra kullanıcı, yönetim ekranından rezervasyonla ilgili bilgilere erişebilir ve beklenmedik bir olayın meydana gelmesi durumunda rezervasyonu iptal etmeye veya uzatmaya karar verebilmektedir. Önceki durumda olduğu gibi, park yerine yol tarifi almak mümkündür.



Şekil 7. Rezervasyon bilgisi ve yönetim ekranı (Becchini ve ark., 2013'den uyarlanmıştır.)

Bunların yanı sıra günümüzde otoparklarda kaybedilen zaman ve yakıtın önüne geçmek amacıyla sadece park yerlerini akıllı sisteme entegre etmenin ötesinde bütün park etme eylemi akıllı olmaya başlamıştır. Trafik üzerine yapılan araştırmalar doğrultusunda, sıkışık kentsel alanlardaki trafiğin ortalama %30'unun park yeri arayan seyir halindeki sürücülerden kaynaklandığı saptanmıştır (Nawaz, Efstratiou ve Mascolo, 2013). Thomas ve Kovoov (2018) örneğinde olduğu gibi alışveriş merkezlerinde çokça vakit alan park etme işlemini artık insanlar tarafından yapılmamaktadır. Bu alanlarda ortaya çıkan sorunun sebebi park yeri olmaması değil, araçların park alanında etkin bir zamanlama yapamamışından ve sürücülerin senkronize olmamasından kaynaklanmaktadır (Babic vd., 2019). Problemin çözümü için iyi bir optimizasyon tekniği olan genetik algoritma kullanılmıştır. Akıllı otopark sistemi Şekil 8'de gösterildiği gibi Android uygulaması, bulut veri tabanı ve otonom araçtan oluşmaktadır. Kullanıcılar bir kimlik numarasına sahiptirler ve bu numara ile park yeri rezerve edebilmektedirler. Araç park edildikten sonra müşteriye araca ait görüntü giderek doğru bir biçimde park edilip edilmediğini öğrenmektedir. Bu sistem üzerinden ödemeler gerçekleştirilebilmektedir. Park süresi aşıldığında uygulama aracılığıyla kullanıcıya uyarı mesajı gider ve çıkışta ekstra ücrete tabi tutulur. Bu sayede planlı ve sistemli bir biçimde işlemektedir. Ancak bu uygulama Safranbolu kenti için büyük ölçekli kalmaktadır. İstanbul gibi metropol şehirlerde trafik ve parkın büyük sorun olduğu bölgeler için uygulanabilir.



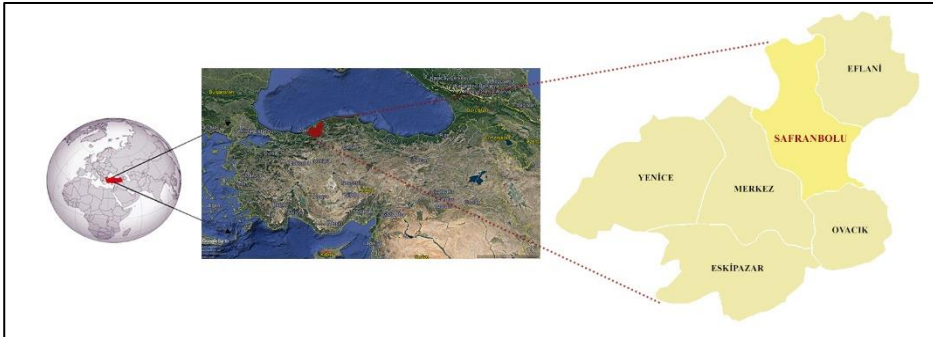


Şekil 8. Thomas ve Kavoort otopark sistemi (Thomas ve Kavoort, 2018'den uyarlanmıştır.)

### 3. Materyal ve Yöntem

#### 3.1. Materyal

Safranbolu, (Şekil 9) Batı Karadeniz Bölgesinde Karabük ilinin nüfus bakımından en büyük ilçesidir. Kent kuzeyden başlayarak Ulus (Bartın), Eflani (Karabük), Araç (Kastamonu), Ovacık (Karabük) ve Karabük merkez ilçeleriyle çevrilidir. İlçenin toplam yüzölçümü 1013 km<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2021b).



Şekil 9. Safranbolu Kenti

Safranbolu, 1994 yılında UNESCO Dünya Miras Listesiyle önemli tarihi ve kültürel bir yer haline gelerek önemli bir destinasyona dönmüştür. Korumanın başkenti olarak adlandırılan ve bir Osmanlı kenti olan Safranbolu, sahip olduğu birçok değerleriyle yerli ve yabancı turistlerin ilgi odağıdır. Tarihi evleri, hanları, hamamları, eski çarşısı ile adeta açık hava müzesi konumunda olan kent 2019 yılı itibariyle (Covid-19 pandemisi öncesi) 318.866 yerli ve yabancı turistleri misafir etmiştir (Khan, 2020; Anonim, 2021c).

Çalışma alanı odak noktası ise Sadri Artunç Caddesi seçilmiştir (Şekil 10). Bunun sebebi tarihi merkezde yaşanan turizm kaynaklı yoğun kullanım ile oluşan sıkışıklık yeni yerleşim yerlerini de etkilemektedir. Eski ve yeni yerleşim yerlerini bağlamasının yanı sıra, Karabük Üniversitesi'nin çeşitli fakültelerini de barındırmasıyla üniversite personeli ve öğrenciler ile yoğunluk artmaktadır. Turizm ve eğitimin yanı sıra ticaret aksı olarak da görülen bu cadde çok çeşitli kullanım sebebiyle araç yoğunluğu oluşmakta ve park sıkıntısı yaşanmaktadır.



Şekil 10: Sadri Artunç Caddesi

Sadri Artunç Caddesi bu makalede 3 bölge üzerinden incelenmiştir. Turizm bölgesi (A), ticaret bölgesi (B) ve eğitim bölgesi(C) olarak temel kullanımları doğrultusunda cadde bölgelere ayrılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Sadri Artunç Caddesi bölgeleme haritası

Yapılan hesaplamalar ile cadde boyu yaklaşık 1,35 km, cadde genişliği bazı alanlarda değişiklik göstermekle beraber, hakim cadde genişliği ise 10 m olarak saptanmıştır. A bölgesi 320 metre, B bölgesi 610 metre ve C bölgesi 420 metre olarak yaklaşık uzunlukları ölçülmüştür. Yaya geçitleri dahil edilmeden ölçülen bu uzunlukta -yukarıda verilen 6.7 metrelik paralel park otopark uzunluğu baz alınarak- cadde boyunca kaç adet aracın park edilebileceğinin hesaplaması ile caddenin araç kapasitesi bulunabilir. Bu durumda Sadri Artunç Caddesi'nde paralel park yapıldığı takdirde caddenin iki yanı toplamda yaklaşık 202 araç kapasitesine sahiptir. Bölgesel olarak hesap yapıldığında ise turizm bölgesinde (A) 48 araç, ticaret bölgesinde (B) 91 araç ve eğitim bölgesinde (C) ise 63 araçlık kapasite hesaplaması yapılmıştır.

### 3.2. Yöntem

Bu çalışmada 3 aşamalı bir yöntem kullanılmıştır:



1. aşama: Alan ile ilgili yerinde gözlem yapılarak sorunların tespiti,
2. aşama: konu ile ilgili yerli ve yabancı kaynakların araştırılması ve alana uygun otopark modellerinin tespit edilmesi,
3. aşama: yerinde gözlem tekniği ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda çalışma alanına uygun otopark çözüm önerilerinden oluşmaktadır.

#### **4. Araştırma Bulguları**

Sahada yapılan gözlemler ve yapılan literatür taraması ile Sadri Artunç Caddesi ticaret, eğitim ve turizm kaynaklı yoğun kullanıma sahiptir. Bu sebeple hem akan trafik hem de düzensiz bir şekilde park edilmiş araçların yol açtığı karmaşıklık göze çarpmaktadır (Dönmez vd., 2016). Yapılan araştırmalar sonucunda yeni bir otopark alanı da kent içinde mümkün değildir. Bu sebeple mevcut düzensiz alanın daha etkili bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Çözüm olarak var olan yol boyu parkların akıllı bir sistem ile birleştirilerek anlık veri sayesinde park alanlarının yönetiminde bir yenilik sağlanacaktır.

Saha araştırmaları ile, cadde boyu ticaret alanlarında oluşan araç yoğunluğunun (Şekil 12), konut ve eğitimin yoğunlaştığı bölgeye (Şekil 13 ve 14) göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Fakat ticari alandaki araçların park süreleri, eğitim ve konut alanlarındaki park etme sürelerinden daha kısadır. Bu gözlem doğrultusunda, oluşturulacak akıllı sistemde kullanıcılara öneri park yeri sunulurken Rajabioun ve Ioannou (2015) modelindeki gibi araç sahibinin park etmek istediği yere göre önerilerde bulunabilecektir. Böylelikle hem zaman hem yakıt tasarrufu sağlanmış olacaktır. Yanı sıra, caddenin belirli yerlerinde oluşan yoğunluk dağıtılmış olacaktır.



Şekil 12. Ticaret yoğunluklu alandan çekilmiş fotoğraf



Şekil 13. Eğitim-konut yoğunluklu alandan çekilmiş fotoğraf-1



Şekil 14. Eğitim-konut yoğunluklu alandan çekilmiş fotoğraf-2

Bir diğer mevcut durum ise, tarihi merkezde var olan sıkışık doku sebebiyle oluşan otopark sorunudur. Tarihi merkezdeki yetersiz park alanı sonucu Sadri Artunç Caddesi'nde araç yoğunluğu artmakta ve yaya geçitlerine dahil park yapılmaktadır (Şekil 15 ve 16). Buna çözüm olarak ilk aşamada akıllı sistemler üzerinden veri paylaşımı sayesinde hangi saatlerde hangi bölgelerin yoğun olduğuna bakılabilir ve ayrıca Becchini vd. (2013) örneğinde olduğu gibi rezervasyon sistemi uygulanırsa, gelece saatlerde de araç otopark yeri kontrol edilebilir.



Şekil 15. Tarihi merkeze yakın (Turizm) bölgede çekilmiş fotoğraf-1



Şekil 16. Tarihi merkeze yakın (Turizm) bölgede çekilmiş fotoğraf-2

## 5. Sonuç ve Öneriler

Kentsel alanlarında sınırlı sayıda park alanları vardır. Kentler planlanırken nüfus projeksiyonları göz önünde tutularak planlama yapılır. Ancak kentlerin nüfusu arttıkça kentlerin sürdürülebilir olması amacıyla zor olsa da trafik sıkışıklığı, trafikte zaman kaybı, CO2 emisyonu, fazla yakıt tüketimi ve trafik kazası gibi sorunlara çözüm bulmak gerekmektedir. Bu soruna çözüm olarak yeni park yönetim sistemleri sunulması gerekmektedir. Teknolojinin ilerlemesi, şehir alanlarındaki park alanlarının daha iyi yönetimi için akıllı park sistemleri gibi yeni olanaklar sağlanmaktadır. Akıllı park, araçların çoğu zaman boşta kaldıkları süre boyunca daha hızlı, daha kolay ve daha yoğun park etmelerini sağlamak için mümkün olduğunca az kaynak (yakıt, zaman ve alan gibi) kullanmak amacıyla teknoloji ve insanı birleştiren bir park etme stratejisi olarak tanımlanmaktadır (Glaab, 2017).

Akıllı park teknolojisi ile kullanıcılar yer müsaitliğini kolayca kontrol etmek, trafik durumunu kontrol etmek, varacağı yere gelmeden park yeri rezervasyonu yapmak, alan ile ilgili güncel veriye ulaşabilmek gibi faydalar sağlamaktadır. Bu sistemler, park yeri bulmak için gereken süreyi azaltarak trafiği ve bunun sonucunda ortaya çıkan araç emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Sadri Artunç Caddesinde oluşan otopark sıkıntısı ve bu sebeple ortaya çıkan sorunlar saptanarak Tablo 1’de çözüm önerileriyle beraber özetlenmiştir.

Tablo 1

Mevcut durum ve öneriler

Mevcut Durum	Öneriler
Sadri Artunç Caddesi boyunca park yeri yeterli olmasına rağmen, park yeri arayan araç sahipleri sıkışıklığa sebep olmaktadır.	Yukarıda örnek olarak verilen GPS sistemleri gibi nesnelerin interneti teknolojisi sayesinde veriler toplanabilecek ve senkronize bir biçimde öneri park yerleri sunulabilecektir.
Bu sıkışıklık sebebiyle ve senkronize bir biçimde park edilememesi sonucu yakıt tüketimi artmaktadır.	Endüstri 4.0 teknoloji ile park yerlerinde bulunan makinelerin birbiriyle iletişimi ile zaman ve yakıt tüketimi en aza indirilebilecektir.
Oluşan trafik ile caddede CO2 emisyon miktarı fazladır.	
Konut alanları gibi daimî ve uzun süreli park etme değil turizm, eğitim ve ticaret gibi park etme sürelerinin görece daha kısa süreli ve devrimin yüksek olduğu bir bölge olması sebebiyle karışıklıklar oluşmaktadır.	Örnek olarak verilen QR kod teknoloji sayesinde hangi park yerinin ne kadar işgal edileceği ölçülebilecek ve böylece veri senkronizasyonu ile çözüm sağlanabilecektir.
Plansız ve kurlsız park etme saptanmıştır. Bu yüzden park edilmemesi gereken yaya yollarında bile araçlar mevcuttur.	Alana yerleştirilecek makineler ve entegre olmuş uygulamalar sayesinde park yerleri belirlenmiş olacaktır. Belirlenmiş park yerleri dışında, park etmek mümkün olmayacağından bu soruna çözüm bulunmuş olacaktır.

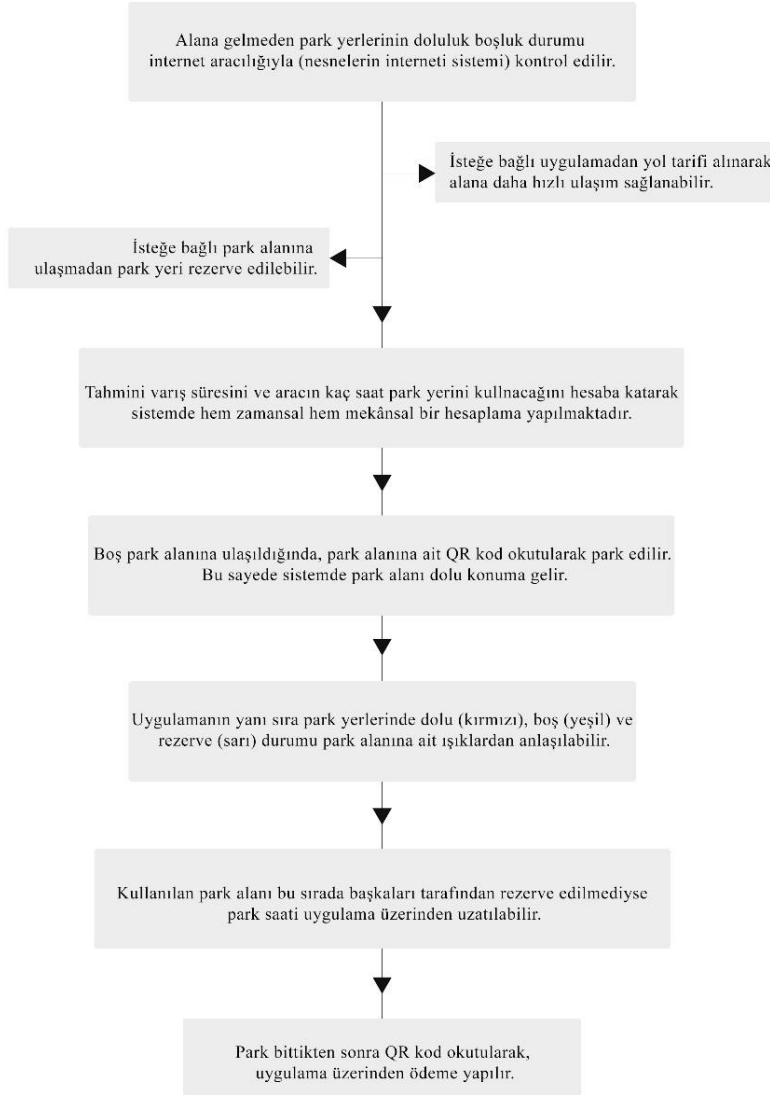
Sadri Artunç caddesi için önerilen akıllı otopark sistemine ilişkin görsel şekil 17’de, akış şeması şekil 18’de verilmiştir. Öneri dahilinde sistemin çalışma prensibi şu şekildedir:

- Kullanıcı, park yerine gelmeden internet aracılığıyla anlık veri paylaşımı sayesinde hangi bölgede ne kadar boş park yeri olduğu bilgisine ulaşmaktadır.
- İstenen varış süresine göre, her park yeri için ayrı oluşturulan QR kod sayesinde park yerini rezerve edebilmektedir.
- Araç park edildikten sonra, QR kodu okutularak sisteme park bilgileri tanımlanmaktadır.
- Park yerinden ayrılırken, yine QR kodu okutularak ödeme yapabilmekte ve sistemde anlık veri entegrasyonu sağlanmaktadır.
- Sistem aracılığıyla sağlanan veri alışverişinin yanı sıra alana gelen kullanıcıların araç park yerlerinin yanında bulunan ışıklar ile park yerlerinin rezerve, boş veya dolu durumu renkler aracılığıyla an-

laşılmaktadır. Dolu alanlar kırmızı, rezerve alanlar sarı ve boş alanlar yeşil olabilecek şekilde kullanıcılar bilgilendirilebilmektedir.



Şekil 17. Öneri akıllı otopark sistemlere ait görseller.



Şekil 18. Öneri otopark sistemi akış şeması



Bu çalışmada, günümüzde tasarım ve mühendislik dünyası için kilit pozisyonda yer alan akıllı kentlerin önemli bir parametresi olan akıllı otopark sistemleri üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Gelecekte önemli rol oynayabilecek bazı yenilikçi çözümler araştırılmış olup, Safranbolu kentinde bulunan Sadri Artunç Caddesi örneği ile anlatılmıştır. Sadri Artunç Caddesi ticaret, eğitim ve turizm açısından farklı kimlikleri bünyesinde barındıran bir cadde olmasıyla yoğun araç trafiğine sahiptir. İncelenen örnekler ve sunulan öneri ile teknolojik otopark sistemleri üzerinde durulmuştur. Sunulan yeni teknoloji sayesinde anlık veri entegrasyonu ile trafik ve araç yoğunluğu kontrol altına alarak zaman ve yakıt tasarrufu da sağlanmış olacaktır. Önerilen bu sistem sadece Safranbolu özelinde değil, diğer bütün kentler için de uygulanabilecektir. Sonuç olarak akıllı kentler, hızlı nüfus artışı nedeniyle çıkan birçok sorun ve talebin karşılanabilmesi için sınırlı kaynakların, bilgi ve iletişim teknolojilerinin desteği ve vatandaşların katılımı ile akıllı kombinasyonlar yaparak etkin ve verimli kullanılarak yaşamlarda birçok kolaylığı beraberinde getirecektir

### Kaynaklar

- Ahlgren, B., Hidell, M. and Ngai, E. (2016). Internet of Things for Smart Cities: Interoperability and Open Data. *IEEE Internet Computing*, 20, 52-56. 10.1109/MIC.2016.124.
- Anonim. (2021a). <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=8182&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim Tarihi: 09.04.2021.
- Anonim. (2021b). <http://karabuk.gov.tr/safranbolu-ilcesi>, Erişim Tarihi: 09.04.2021.
- Anonim. (2021c). <https://safranboluturizmdanismaburosu.ktb.gov.tr/TR-231191/turist-istatistik-verileri.html>, Erişim Tarihi: 24.05.2021.
- Aydin, I., Karakose, M., and Karakose, E. (2017). A Navigation And Reservation Based Smart Parking Platform Using Genetic Optimization For Smart Cities. In 2017 5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG), pp. 120-124, IEEE.
- Babic, M., Vekic, A., Stanojevic, M., Ostojic, G., Borocki, J. and Stankovski, S. (2019). Modern Parking Solutions for Smart Cities, Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium, pp.1075-1083, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-22-8, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.150
- Bechini, A., Marcelloni, F. and Segatori, A. (2013). A mobile application leveraging QR-codes to support efficient urban parking. In 2013 Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT), pp. 1-3, IEEE.
- Bilici, Z. ve Babahanoğlu, V. (2018). Akıllı Kent Uygulamaları ve Konya Örneği. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 9(2), 124-139.
- Boguç, Ç. (2016). Dünya mirası Safranbolu alan yönetim planının geliştirilmesine yönelik bir çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J.R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T.A. and Scholl, H.J. (2012). Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. 45th Hawaii International Conference on System Sciences, DOI 10.1109/HICSS.2012.615.
- Dal, M. ve Özdemir, Y. (2020). Dijital Çağda Neden Bir Kent Sürdürülebilir Akıllı Şehir Olmalıdır?. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, ISSN: 2667-8764, 2(2), 205-215.
- Dönmez, Y., Cabuk, S., Ozturk, M. ve Gokyer, E. (2016). Safranbolu Kentsel Sit Alanında Otopark Sorunu ve Çözüm Alternatifleri, *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18 (2), 137-145.
- Fraifer, M. and Fernström, M. (2016). Investigation of smart parking systems and their technologies. In Thirty Seventh International Conference on Information Systems. IoT Smart City Challenges Applications (ISCA 2016), Dublin, Ireland, pp. 1-14.
- Glaab, J. (2017). Extracting Parking Areas from Remote Sensing Imagery and Spatiotemporal Traffic Data. University of Rhode Island.
- Gökdağ, M. ve Yarbaşı, S. (2004). Ulaşım Sorunlarından Otoparklar Üzerine Bir Araştırma ve Erzurum Örneği. *Türkiye İnşaat Mühendisliği*, 17.

- Güngör, A. ve Öztürk, E. (2017). Otopark Sistemlerinde İstanbul Kart Uygulaması İspark Örneği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16 (31).
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J. and Williams, P. (2010). Foundations For Smarter Cities, *IBM Journal of Research and Development*, S.4, 1-16.
- Hashem, I., Chang, V., Anuar, N.B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., Ahmed, E. ve Chiroma, H. (2016). The Role of Big Data in Smart City. *International Journal of Information Management*. 36. 10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002.
- Kaplan, H. Ve Yıldız, D. (2001). Ankara kent merkezi otopark alanları ile yaya alanları ilişkisinin Kızılay çekirdeği örneğinde Yol ve trafik güvenliği açısından irdelenmesi. Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Kayapınar, Y.E. (2017). Akıllı Şehirler ve Uygulama Örnekleri. *İTÜ Vakfı Dergisi*, Sayı: 77.
- Keleş, R., (1980). Kent Bilimleri Terimler Sözlüğü, TDK yayınları Ankara.
- Khan, A.A. (2020). Covid-19 Salgınının Turizme Etkileri: Safranbolu Miras Kenti Örneği. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 8(2), 28-37.
- Kılıç, T. ve Tuncer, T. (2017). Akıllı Şehir Uygulaması: Android Tabanlı Akıllı Otopark Sistemi.
- Kim, H.M. ve Han, S.S. (2012). Seoul. *Cities*, 29, 142-154.
- Köseoğlu, Ö. ve Demirci, Y. (2018). Akıllı Şehirler ve Yerel Sorunların Çözümünde Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı. *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 40-57.
- Lin, T.S., Rivano, H. and Le Mouël, F. (2017). A Survey of Smart Parking Solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18, 3229-3253.
- Nawaz, S., Efstratiou, C. and Mascolo, C. (2013). ParkSense: a smartphone based sensing system for on-street parking. *Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM*. 75-86. 10.1145/2500423.2500438.
- Onur, B. ve Tuna-Kayılı, M. (2021). “Sürdürülebilir Kent Arayışında Bir Stüdyo Deneyimi: Ekotopya”, *International Social Sciences Studies Journal*, (e-ISSN:2587-1587) Vol:7, Issue:85; pp:2966-2976.
- Onur, B. (2021). Endüstri Kenti Karabük’ün Modern Mahallesi Yenişehir’de Konut Tipolojileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 666-677.
- Örselli, E. ve Akbay, C. (2019). Teknoloji ve kent yaşamında dönüşüm: akıllı kentler. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(1), 228-241.
- Sınmaz, S. (2013). Yeni gelişen planlama yaklaşımları çerçevesinde akıllı yerleşme kavramı ve temel ilkeleri. *Megaron*, 8(2), 76.
- Talari, S., Shafie-Khah, M., Siano, P., Loia, V., Tommasetti, A. and Catalão, J. P. (2017). A review of smart cities based on the internet of things concept. *Energies*, 10(4), 421.
- Tekouabou, S. C. K., Cherif, W. and Silkan, H. (2020). Improving parking availability prediction in smart cities with IoT and ensemble-based model. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
- Thomas, D. and Koor, B. C. (2018). A genetic algorithm approach to autonomous smart vehicle parking system. *Procedia Computer Science*, 125, 68-76.
- Tuna Kayılı, M. (2020). “Akıllı Malzemelerin Kamu Yapılarında Uygulama Önerileri: Karabük Örneği” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 805-817.
- Türk Standardı TS 12576. (1999). Şehir İçi Yollar- Özürlü ve Yaşlılar İçin Sokak, Cadde, Meydan ve Yollarda Yapısal Önlemler ve İşaretlemelerin Tasarım Kuralları. Web Sitesi: <http://www.erisebilirim.com/Images/ts-12576.pdf>, Erişim Tarihi: 09.04.2021
- Rajabioun, T. and Ioannou, P.A. (2015). On-Street and Off-Street Parking Availability Prediction Using Multivariate Spatiotemporal Models. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 5, pp. 2913-2924, Oct. 2015, doi: 10.1109/TITS.2015.2428705.
- Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A. and Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. *Computer networks*, 101, 63-80.

- Velibeyoğlu, K., Gökyurt, F., Sarı, V.İ. ve İnan, Ö. (2018). Kentsel Yaşam Kalitesi Özel İhtisas Komisyonu Raporu.
- Wang, H. and He, W. (2011). A reservation-based smart parking system. In 2011 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS) (pp. 690-695). IEEE.
- Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R.A., Hayes, N.M. and Nelson, L.E. (2010). Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO. Forrester Research, Inc., Cambridge, MA.

***Bartın Orman Fakóltesi Dergisi***

***Bartın Üniversitesi, Orman Fakóltesi , 74100, Bartın, Türkiye***

***Journal of Bartın Faculty of Forestry***

***Bartın University, Faculty of Forestry, 74100, Bartın-Turkey***